Programme d'économie d'énergie dans l'industrie canadienne

PEEIC

# Guide de planification et de gestion de l'efficacité énergétique

Ressources naturelles Canada

Natural Resources Canada

Canada

*Engager les Canadiens sur la voie de l'efficacité énergétique à la maison, au travail et sur la route*

L'Office de l'efficacité énergétique de Ressources naturelles Canada renforce et élargit l'engagement du Canada envers l'efficacité énergétique afin d'aider à relever les défis posés par les changements climatiques.

**Guide de planification et de gestion de l'efficacité énergétique**
Also available in English under the title:
*CIPEC – Energy Efficiency Planning and Management Guide*

ISBN 0-662-86576-6
N° de catalogue : M92-239/2001F

© Sa Majesté la Reine du Chef du Canada, 2002

Pour obtenir des exemplaires supplémentaires de cette publication, veuillez écrire à :
Division des programmes des secteurs industriel, commercial et institutionnel
Office de l'efficacité énergétique
Ressources naturelles Canada
580, rue Booth, 18e étage
Ottawa (Ontario) K1A 0E4
Téléphone : (613) 995-6950
Télécopieur : (613) 947-4121

Vous pouvez également consulter ou commander d'autres publications de l'Office de l'efficacité énergétique en ligne. Visitez notre bibliothèque virtuelle Publications Écomergie à http://oee.rncan.gc.ca/infosource. Le site Web de l'Office de l'efficacité énergétique est : http://oee.rncan.gc.ca.

Imprimé sur papier recyclé

104-02221/

# table des matières

**Préface** . . . . . v

Comment utiliser le Guide . . . . . vii

**PARTIE 1**
**La gestion du rendement énergétique dans le contexte canadien** . . . . . 1

**1.1 Changements climatiques** . . . . . 1

**1.2 Le Programme d'économie d'énergie dans l'industrie canadienne (PEEIC)** . . . . . 8

**1.3 Création et exécution d'un programme efficace de gestion de l'énergie** . . . . . 12

1.3.1 Considérations d'ordre stratégique . . . . . 12

1.3.2 Établir le programme de gestion. . . . . 13

1.3.3 Mécanismes de mise en œuvre d'un programme de gestion de l'énergie. . . . . 15

1.3.4 Aide à la formation en gestion de l'énergie . . . . . 24

**1.4 Vérification énergétique** . . . . . 28

1.4.1 Entamer la vérification. . . . . 30

1.4.2 Préparer la vérification. . . . . 33

1.4.3 Effectuer la vérification . . . . 38

1.4.4 Préparation du rapport. . . . . 40

1.4.5 Activités postérieures à la vérification – Améliorer l'efficacité énergétique . . . . . 41

1.4.6 Aide à la vérification . . . . . 41

**1.5 Aide pour les programmes de gestion de l'énergie et d'amélioration environnementale** . . . 48

Activités du gouvernement du Canada . . . . . 48

Activités des gouvernements provinciaux et territoriaux . . . . . 53

Associations et services publics . . . 56

Autres sources d'aide . . . . . 65

**PARTIE 2**
**Guide technique de planification et de gestion de l'efficacité énergétique** . . . . . 67

**2.1 Gestion des ressources et des coûts énergétiques** . . . . . 67

2.1.1 Restructuration du marché de l'énergie au Canada . . . . 67

2.1.2 Gérance énergétique . . . . . 69

**2.2 Isolation thermique de l'équipement** . . . . . 71

Épaisseur d'isolant rentable . . . . . 71

Contrôle de l'humidité . . . . . 71

Considérations environnementales. . . . . 72

Renseignements supplémentaires . . 72

Possibilités de gestion de l'énergie . . . . . 72

**2.3 Systèmes d'éclairage . . . . . 76**

Loi sur l'efficacité énergétique . . . 76

Facteurs environnementaux . . . . . 77

**2.4 Systèmes électriques . . . . . 80**

Compréhension de la facture d'électricité . . . . . 80

Tarification basée sur la période d'utilisation. . . . . 80

Modification de la période de consommation et tarification en temps réel . . . . . 80

Possibilités de gestion de l'énergie. . 81

Réduction de la demande de pointe . . . . . 81

Réduction de la consommation d'énergie . . . . . 82

Amélioration du facteur de puissance . . . . . 83

**2.5 Appareillage de chaufferie . . . . . 86**

Perte de chaleur par les gaz de combustion . . . . . 86

Surfaces d'échange de chaleur encrassées. . . . . 88

Eau de purge chaude. . . . . 88

Perte de chaleur par le condensat . . 89

Facteurs environnementaux . . . . . 89

Émissions de $NO_x$ . . . . . 90

Possibilités de gestion de l'énergie. . 90

Renseignements supplémentaires . . 91

**2.6 Réseaux de vapeur et de condensat . . 94**

Tuyauterie redondante. . . . . 94

Fuites de vapeur . . . . . 94

Pertes attribuables aux purgeurs de vapeur. . . . . 95

Perte de chaleur par les tuyaux et les raccords non isolés . . . . . 95

Facteurs environnementaux . . . . . 95

Possibilités de gestion de l'énergie. . 96

Renseignements supplémentaires . . 96

**2.7 Équipement de chauffage et de refroidissement (vapeur et eau) . . . . 99**

Propreté des surfaces de transfert de chaleur . . . . . 99

Évacuation du condensat . . . . . 99

Isolation thermique de l'équipement de chauffage et de refroidissement . . . . . 100

Facteurs environnementaux . . . . 100

Possibilités de gestion de l'énergie. . . . . 101

Renseignements supplémentaires. . . . . 101

**2.8 Systèmes de chauffage, de ventilation et de conditionnement d'air . . . . . 105**

Possibilités de gestion de l'énergie. . . . . 105

Mesures de réduction des coûts . . 106

Réduction des besoins en humidification. . . . . 107

Autres PGE à faible coût . . . . . 108

Rénovation . . . . . 108

Énergie solaire . . . . . 110

Pompes géothermiques . . . . . 110

Refroidissement par rayonnement et par évaporation; accumulation thermique. . . . . 111

Chaleur résiduaire des procédés. . 111

Autres possibilités de rénovation . . . . . 111

Facteurs environnementaux . . . . 112

Renseignements supplémentaires. . . . . 112

**2.9 Systèmes de refroidissement et de pompes à chaleur . . . . . 118**

Possibilités de gestion de l'énergie. . . . . 119

Mesures de réduction des coûts . . 120

Pompes géothermiques . . . . . 122

Rénovation . . . . . 122

Autres possibilités de rénovation. . 123

Facteurs environnementaux . . . . 124

Renseignements supplémentaires. . . . . 124

**2.10 Réseaux de distribution d'eau et d'air comprimé . . . . . 129**

Réseaux de distribution d'eau . . . 129
Possibilités de gestion de l'énergie . . . . . 131
Réseaux de distribution d'air comprimé . . . . . 132
Possibilités de gestion de l'énergie . . . . . 133
Facteurs environnementaux . . . . 135
Renseignements supplémentaires . . . . . 135

**2.11 Ventilateurs et pompes . . . . . 140**

Moteurs et entraînements . . . . . 140
Ventilateurs . . . . . 141
Possibilités de gestion de l'énergie . . . . . 142
Pompes . . . . . 142
Autres possibilités de gestion de l'énergie . . . . . 144
Facteurs environnementaux . . . . 145
Renseignements supplémentaires . . . . . 145

**2.12 Compresseurs et turbines . . . . . 148**

Compresseurs . . . . . 148
Possibilités de gestion de l'énergie . . . . . 149
Turbines . . . . . 150
Possibilités de gestion de l'énergie . . . . . 151
Facteurs environnementaux . . . . 153
Renseignements supplémentaires . . . . . 153

**2.13 Mesures et contrôle . . . . . 158**

Précision . . . . . 159
Possibilités de gestion de l'énergie . . . . . 160
Facteurs environnementaux . . . . 161
Renseignements supplémentaires . . . . . 161

**2.14 Commandes automatiques . . . . . 164**

Équipement de commande . . . . . 164
Facteurs environnementaux . . . . 166

**2.15 Caractéristiques architecturales . . 169**

Réduction du transfert thermique . . . . . 169
Fenêtres . . . . . 171
Réduction des fuites d'air . . . . . 172
Récupération d'énergie . . . . . 172
Gestion centralisée de l'énergie des bâtiments . . . . . 172
Autres possibilités de gestion de l'énergie . . . . . 173
Facteurs environnementaux . . . . 173

**2.16 Fours, sécheurs et fours de cuisson . . . . . 176**

Pertes de chaleur . . . . . 176
Commandes et surveillance . . . . 177
Technologies de séchage . . . . . 178
Récupération de la chaleur . . . . 179
Possibilités de gestion de l'énergie . . . . . 180
Facteurs environnementaux . . . . 181
Renseignements supplémentaires . . . . . 181

**2.17 Récupération de la chaleur perdue . . . . . 184**

Techniques de récupération de la chaleur . . . . . 185
Possibilités de gestion de l'énergie . . . . . 188
Facteurs environnementaux . . . . 189
Renseignements supplémentaires . . . . . 189

**2.18 Production combinée électricité-chaleur (PCEC ou « cogénération ») . . . . . 192**

Technologie . . . . . 193
Possibilités de gestion de l'énergie . . . . . 195
Facteurs environnementaux . . . . 195
Renseignements supplémentaires . . . . . 196

**2.19 Autres approches pour améliorer l'efficacité énergétique** ..... 197

Énergie renouvelable ..... 197

PGE des usines de traitement des eaux usées ..... 197

Divers (le cas échéant) ..... 197

**Annexe A**
**Potentiel de réchauffement planétaire des gaz à effet de serre** ..... **199**

**Annexe B**
**Unités d'énergie et facteurs de conversion** ..... **200**

**Annexe C**
**Ouvrages techniques publiés à l'intention du secteur industriel par le Centre canadien de la technologie des minéraux et de l'énergie (CANMET)** ..... **203**

## Fiches d'évaluation

Liste de contrôle du mandat de vérification ..... 43

Isolation thermique de l'équipement .. 74

Systèmes d'éclairage ..... 78

Systèmes électriques ..... 84

Appareillage de chaufferie ..... 92

Réseaux de vapeur et de condensat ... 97

Équipement de chauffage et de refroidissement ..... 102

Systèmes CVC ..... 113

Systèmes de refroidissement et de pompes à chaleur ..... 125

Réseaux de distribution d'eau et d'air comprimé ..... 136

Ventilateurs et pompes ..... 146

Compresseurs et turbines ..... 154

Mesures et contrôle ..... 162

Commandes automatiques ..... 167

Caractéristiques architecturales ..... 174

Fours, sécheurs et fours de cuisson ... 182

Récupération de la chaleur perdue ... 190

# préface

Le présent guide vise avant tout à faire réfléchir le lecteur sur les moyens d'améliorer l'efficacité énergétique dans son usine et à l'aider à passer à l'action.

Obligée de prendre des mesures pour atténuer les incidences environnementales de ses processus de production (ce qui augmente le coût des produits) tout en s'efforçant de demeurer concurrentielle dans un marché mondial où le prix des produits diminue, l'industrie canadienne est aux prises avec des pressions économiques qui vont en augmentant. Pour aider l'industrie à relever ce double défi, le Programme d'économie d'énergie dans l'industrie canadienne (PEEIC) publie cette nouvelle édition du *Guide de planification et de gestion de l'efficacité énergétique*, produit par l'Office de l'efficacité énergétique (OEE) de Ressources naturelles Canada (RNCan). D'abord publié en 1981 et révisé en 1993, ce guide a été grandement remanié et mis à jour à l'aide de la plus récente information disponible au moment de la publication de la présente version.

Reflétant 27 années d'expérience dans le domaine de l'efficacité énergétique, l'édition 2002 du *Guide de planification et de gestion de l'efficacité énergétique* est centrée sur la réduction des émissions de gaz à effet de serre reliées à la consommation d'énergie et – au moyen de mesures d'efficacité énergétique contribuant à accroître la rentabilité – sur l'amélioration de la compétitivité de l'industrie canadienne, questions qui ont été soulevées pour la première fois dans l'édition de 1993.

La partie 1 fait état des changements apportés aux programmes offerts par les services publics et tous les ordres de gouvernement. Le chapitre sur les vérifications énergétiques a été augmenté. De plus, le lecteur trouvera dans cette partie un plus grand nombre de données à jour sur les sources d'aide disponibles, comme les programmes et les personnes-ressources, de même que des adresses de courriel et de sites Web.

Remarque : Aucun effort n'a été épargné afin d'obtenir l'information personne-ressource la plus à jour possible.

La partie 2 couvre de nombreux aspects de la gestion de l'énergie dans l'industrie. Elle a également été enrichie par les connaissances découlant des progrès technologiques réalisés depuis 1993. Les récentes percées et innovations dans le domaine de l'efficacité énergétique y sont mentionnées, y compris quelques-unes des idées mises de l'avant lors des concours des Prix d'efficacité énergétique du Canada en 1999 et en 2000 (voir les possibilités de gestion de l'énergie exposées dans les différentes sections du présent guide).

L'amélioration de l'efficacité énergétique peut être un exercice fort créatif et satisfaisant, notamment par l'application de solutions retenues dans un domaine d'activité à un autre domaine. Le présent guide devrait pouvoir faciliter la tâche.

Bien sûr, la gestion de l'énergie et de l'efficacité énergétique est un sujet très vaste, qui dépasse largement la portée de ce guide. Faute d'espace, il a fallu aborder brièvement les divers sujets. Néanmoins, tout a été mis en œuvre pour venir en aide au lecteur en l'orientant vers d'autres sources d'information, de toutes sortes, tout au long de l'ouvrage.

Plusieurs sections de la partie 2 recommandent la lecture de documents de la Série de la gestion de l'énergie de RNCan. Les titres suivants sont présentement disponibles :

- *Isolation thermique des équipements (M91-6-001F)*
- *Comptabilité de la gestion énergétique (M91-6-004F)*
- *Appareillage de chaufferie (M91-6-006F)*
- *Fours, sécheurs et fours de cuisson (M91-6-007F)*
- *Réseaux de vapeur et de condensat (M91-6-008F)*
- *Chauffage et refroidissement (vapeur et eau) (M91-6-009F)*
- *Chauffage, ventilation et conditionnement d'air (M91-6-010F)*
- *Refroidissement et pompes à chaleur (M91-6-011F)*
- *Réseaux de distribution d'eau et d'air comprimé (M91-6-012F)*
- *Ventilateurs et pompes (M91-6-013F)*
- *Compresseurs et turbines (M91-6-014F)*
- *Mesures et contrôle (M91-6-015F)*
- *Manutention des matériaux et transport sur place (M91-6-017F)*
- *Accumulation thermique (M91-6-019F)*
- *Récupération de la chaleur perdue (M91-6-020F)*

Vous trouverez dans ces publications des exemples détaillés de calculs fort utiles pour la mise en œuvre de possibilités d'économies d'énergie. Le prix est de 4 $ par manuel + 7% de TPS. Veuillez libeller votre chèque à l'ordre du Receveur général du Canada. Pour commander, communiquez avec nous par télécopieur ou à l'adresse suivante :

Division des programmes des secteurs industriel, commercial et institutionnel
Office de l'efficacité énergétique
Ressources naturelles Canada
580, rue Booth, 18e étage
Ottawa (Ontario) K1A 0E4
Télécopieur : (613) 947-4121
Courriel : inst.innov@rncan.gc.ca

L'OEE offre également :

- des études de cas sur les secteurs de l'alimentation et des boissons, des métaux, des produits non métalliques, des procédés chimiques et sur les industries en général;
- des ateliers de formation;
- de l'information et des conseils sur les vérifications énergétiques;
- des données et une formation techniques.

Vous trouverez de l'information sur ces biens et services et les coordonnées de personnes-ressources à joindre dans les sections pertinentes du présent guide.

Enfin, le Programme de l'efficacité énergétique dans l'industrie de l'OEE produit et diffuse *L'Enjeu PEEIC*, un bulletin bimensuel bilingue offert en versions électronique et imprimée et lu par plus de 2 500 abonnés provenant de 1 300 organismes, soit près de 10 000 lecteurs. *L'Enjeu PEEIC* traite des réussites des clients, des technologies, d'autres gammes de produits de l'OEE ainsi que d'autres programmes de RNCan reliés à l'efficacité énergétique.

Vous pouvez y avoir accès à l'adresse
**http://oee.rncan.gc.ca/cipec/peel/bibliotheque/bulletin.cfm**.

## Comment utiliser le Guide

Tout d'abord, lisez le Guide en entier. Même si certaines sections ne s'appliquent pas directement à vous, toutes les sections peuvent contenir des idées facilement transposables à une situation particulière. À la lecture, il serait utile de faire preuve d'esprit novateur et d'imagination. La gestion moderne de l'énergie aborde globalement plusieurs systèmes interreliés qui consomment de l'énergie – tout comme les diverses sections du Guide comptent des renvois aux autres sections, de sorte qu'il est préférable de se donner une vue d'ensemble.

Des fiches d'évaluation portant sur différents sujets sont prévues à la fin de chaque section. Ces fiches permettent au lecteur d'examiner étape par étape ses installations et procédés en vue d'en accroître l'efficacité énergétique. Le lecteur peut ajouter, dans les fiches d'évaluation, des questions qui se rapportent à son exploitation. La partie 2 permettra à l'utilisateur expérimenté de faire un bilan utile, alors que l'administrateur novice de projets énergétiques n'aura qu'à suivre le texte pour remplir les fiches d'évaluation.

L'annexe C contient une liste de diverses autres publications de RNCan. Nous vous conseillons fortement de lire attentivement la liste des rapports techniques et des fiches d'information offerts. La réussite des industries nous tient à cœur!

# partie 1

# La gestion du rendement énergétique dans le contexte canadien

## 1.1 Changements climatiques

### Les émissions de gaz à effet de serre et les efforts pour les réduire

Les scientifiques ont déterminé que l'atmosphère terrestre évolue en raison des émissions de gaz à effet de serre qui empêchent la chaleur de s'en échapper. L'un des principaux gaz à effet de serre est le dioxyde de carbone ($CO_2$), qui provient principalement de la combustion de combustibles fossiles. Le méthane ($CH_4$), les oxydes d'azote ($NO_x$) et les produits halogénés contribuent également au réchauffement de la planète. Par rapport au $CO_2$, le potentiel de réchauffement planétaire du $CH_4$ et des $NO_x$ est respectivement 24,5 fois et 320 fois plus élevé, alors que dans le cas des substances halogénées, il est de 93 à 24 900 fois supérieur. Or le $CO_2$ contribue plus au réchauffement de la planète que toutes ces autres substances réunies. (Voir l'annexe A, « Potentiel de réchauffement planétaire des gaz à effet de serre ».)

Les effets précis de ce changement dans l'atmosphère sont encore inconnus, mais de plus en plus de personnes croient qu'il est susceptible d'entraîner une grande modification du climat et des conditions météorologiques mondiales, notamment :

- les températures pourraient augmenter dans le monde, entraînant la fonte des calottes polaires, la hausse du niveau des océans, l'inondation des basses terres des régions côtières et la contamination des sources d'eau potable;
- les écarts extrêmes de température pourraient s'accentuer, et le rythme des précipitations évoluer, perturbant ainsi les activités qui dépendent du climat, comme la foresterie, l'agriculture et la production d'hydroélectricité.

De tels changements auraient d'énormes répercussions socioéconomiques et, si l'on passe à l'action seulement lorsque ces effets extrêmes commenceront à se faire sentir, il sera peut-être impossible d'éviter des problèmes de taille.

### *L'action mondiale*

Les Nations Unies ont dirigé l'action mondiale pour relever ce défi par sa *Convention-cadre sur les changements climatiques* (le Protocole de Kyoto). À titre de signataire de cette convention en décembre 1997, le Canada s'engageait :

- à stabiliser, au 1er janvier 2000, ses émissions de gaz à effet de serre au niveau de 1990;
- à réduire, entre 2008 et 2012, ses émissions de gaz à effet de serre de 6 p. 100 par rapport au niveau de 1990;
- à tenir les Nations Unies au courant des niveaux d'émissions de $CO_2$ du Canada et des programmes canadiens en vue de les limiter.

### *Activités canadiennes*

Les efforts des industries manufacturières et minières canadiennes en matière d'efficacité énergétique montrent clairement que l'approche volontaire fonctionne. Depuis 1990, au-delà de 3 000 entreprises participant au Programme d'économie d'énergie dans l'industrie canadienne (PEEIC) ont contribué grandement à la réalisation des objectifs canadiens, spécialement en réduisant leur intensité énergétique et en produisant moins de gaz à effet de serre. Entre 1990 et 1998, les entreprises minières et manufacturières au pays ont amélioré leur intensité énergétique moyenne de 1,26 p. 100 par année. Or, durant cette période caractérisée par une vive expansion économique, ces entreprises ont tout de même réussi à limiter la hausse des émissions de $CO_2$ associées à leurs activités à moins de 0,4 p. 100 par rapport aux niveaux de 1990 en utilisant efficacement l'énergie.

Tout aussi importants, les investissements et les efforts visant une efficacité énergétique accrue ont également aidé les entreprises participantes à réduire leurs coûts et à être plus rentables, deux éléments vitaux de la stratégie d'affaire de toute entreprise prospère. Les réalisations des participants au PEEIC démontrent que des mesures environnementales responsables ne constituent pas nécessairement une dépense, mais peuvent contribuer grandement à accroître les bénéfices nets d'une entreprise.

Par son Office de l'efficacité énergétique (OEE), Ressources naturelles Canada (RNCan) s'est engagé à lancer de nouvelles initiatives et à continuer de mener à bien les projets en cours en matière d'efficacité énergétique ainsi qu'à encourager la gestion de l'énergie dans l'industrie canadienne. RNCan réalise ces activités dans le cadre de programmes volontaires, comme l'Initiative des Innovateurs énergétiques industriels, et de partenariats avec des organismes privés, comme Mesures volontaires et Registre inc. du Défi-climat canadien (MVR inc.).

## Impact des mesures d'efficacité énergétique sur les émissions de gaz à effet de serre

L'amélioration de l'efficacité énergétique réduit les émissions de gaz à effet de serre de deux façons :

- la réduction des émissions découlant des mesures visant une plus grande efficacité énergétique des systèmes de combustion sur place (p. ex., chaudières et fours) est directement proportionnelle à la quantité de combustible économisé;
- la réduction de la consommation d'électricité réduit la demande d'électricité et, par conséquent, les émissions des centrales thermiques qui produisent de l'électricité.

Bien que les exemples suivants puissent ne pas sembler pertinents, la méthode servant au calcul de la réduction des émissions s'applique à tout projet de gestion de l'énergie qui réduit la consommation de combustible ou d'électricité.

### *Systèmes de combustion sur place*

À l'aide des données du tableau 1.1 à la page 4 et de l'information fournie ci-après, calculez le montant de $CO_2$, de $CH_4$ et de $NO_x$ produit par les systèmes de combustion de l'exemple suivant. Afin d'effectuer le même calcul pour vos propres installations, obtenez des données précises de votre fournisseur de gaz naturel.

- Lorsque l'isolation du four pit d'une aciérie a été refaite, les brûleurs d'origine alimentés au gaz naturel ont été remplacés par des brûleurs à haut rendement. Les économies annuelles de combustible sont estimées à 50 térajoules (TJ). Quelles seraient les réductions correspondantes des émissions de $CO_2$, de $CH_4$ et de $NO_x$?
- Les coefficients d'émission pour le gaz naturel sont les suivants : $CO_2$, 49,68 t/TJ; $CH_4$, 0,13 à 1,27 kg/TJ; $NO_x$, 0,62 kg/TJ. L'échelle pour le $CH_4$ est de l'ordre de 0,13 à 1,27 kg/TJ, donc nous retiendrons 0,6 kg/TJ pour ce calcul.

Réduction de $CO_2$ = 50 TJ/an × 49,68 t $CO_2$/TJ = 2 484 t/an

Réduction de $CH_4$ = 50 TJ/an × 0,6 kg $CH_4$/TJ = 30 kg/an

Réduction de $NO_x$ = 50 TJ/an × 0,62 kg $NO_2$/TJ = 31 kg/an

**TABLEAU 1.1**

**Coefficients d'émissions de gaz à effet de serre, selon la source de combustion**

| Combustibles/ carburants | $CO_2$ | | $CH_4$ | | $NO_x$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Gazeux** | **t/ML** | **t/TJ** | **kg/GL** | **kg/TJ** | **kg/ML** | **kg/TJ** |
| Gaz naturel | 1,88 | 49,68 | 4,8-48 | 0,13-1,27 | 0,02 | 0,62 |
| Gaz de distillation | 2,07 | 49,68 | - | - | 0,02 | 0,62 |
| Gaz de cokerie | 1,60 | 86,00 | - | - | - | - |
| **Liquides** | **t/kL** | **t/TJ** | **kg/kL** | **kg/TJ** | **kg/kL** | **kg/TJ** |
| Essence automobile | 2,36 | 67,98 | 0,24-4,20 | 6,92-121,11 | 0,23-1,65 | 6,6-47,6 |
| Kérosène | 2,55 | 67,65 | 0,21 | 5,53 | 0,23 | 6,1 |
| Essence d'aviation | 2,33 | 69,37 | 2,19 | 60,00 | 0,23 | 6,86 |
| Gaz de pétrole liquéfié | 1,11-1,76 | 59,84-61,38 | 0,03 | 1,18 | 0,23 | 9,00-12,50 |
| Carburant diesel | 2,73 | 70,69 | 0,06-0,25 | 1,32-5,7 | 0,13-0,40 | 3,36-10,34 |
| Pétrole léger | 2,83 | 73,11 | 0,01-0,21 | 0,16-5,53 | 0,13-0,40 | 3,36-10,34 |
| Pétrole lourd | 3,09 | 74,00 | 0,03-0,12 | 0,72-2,88 | 0,13-0,40 | 3,11-9,59 |
| Carburéacteur | 2,55 | 70,84 | 0,08 | 2,00 | 0,23 | 6,40 |
| Coke de pétrole | 4,24 | 100,10 | 0,02 | 0,38 | – | – |
| **Solides** | **t/t** | **t/TJ** | **g/kg** | **kg/TJ** | **g/kg** | **kg/TJ** |
| Anthracite | 2,39 | 86,20 | 0,02 | varie | 0,1-2,11 | varie |
| Bitumineux, É.-U. | 2,46-2,50 | 81,6-85,9 | 0,02 | varie | 0,1-2,11 | varie |
| Bitumineux, Can. | 1,70-2,52 | 94,3-83,0 | 0,02 | varie | 0,1-2,11 | varie |
| Subbitumineux | 1,74 | 94,30 | 0,02 | varie | 0,1-2,11 | varie |
| Lignite | 1,34-1,52 | 93,8-95,0 | 0,02 | varie | 0,1-2,11 | varie |
| Coke | 2,48 | 86,00 | – | – | – | – |
| Bois de chauffage | 1,47 | 81,47 | 0,15-0,5 | 0,01-0,03 | 0,16 | 8,89 |
| Brûlis | 1,47 | 81,47 | 0,15 | 0,01 | – | – |
| Déchets municipaux | 0,91 | 85,85 | 0,23 | 0,02 | – | – |
| Déchets de bois | 1,50 | 83,33 | 0,15 | 0,01 | – | – |

**Abréviations :** t, tonne; kg, kilogramme; g, gramme; ML, mégalitre; TJ, térajoule; kL, kilolitre; GL, gigalitre.
(Voir l'annexe B, « Unités d'énergie et facteurs de conversion ».)

**Source :** *Guide d'inscription, Mesures volontaires et Registre du Défi-climat canadien*, août 1995, et son addendum, publié en mars 1996. Données fournies par Environnement Canada.

*Procédés*

À l'aide des données du tableau 1.2 à la page 6 et de l'information fournie ci-après, calculez la quantité de $CO_2$, de $CH_4$ et de $NO_x$ émis durant la transformation.

- Une usine de ciment a amélioré plusieurs de ses techniques de transformation, ce qui lui a permis de réduire de 10 p. 100 sa consommation de combustible. Calculez la réduction des émissions de $CO_2$ si la capacité de transformation de l'usine est de 50 000 t/an.
- Le coefficient d'émission de $CO_2$ pour la production de ciment est de 0,5 t $CO_2$/t ciment.

Émissions de $CO_2$ de l'usine avant les améliorations :

= 50 000 t/an × 0,5 t $CO_2$/t = 25 000 t/an

Émissions de $CO_2$ de l'usine après les améliorations :

= 25 000 t/an × réduction de 10 p. 100 = 22 500 t/an

*Incidence des réductions de la consommation d'électricité*

Les projets de gestion de l'énergie qui permettent de réduire la consommation d'électricité ont également une incidence positive sur l'environnement. Or, la réduction des émissions se produit à la centrale électrique et non pas à l'endroit où les améliorations énergétiques ont été apportées. Pour calculer la réduction des émissions, utilisez la méthode indiquée précédemment, puis faites le calcul des économies d'énergie à la centrale en ajustant le nombre qui représente les économies d'énergie sur place pour tenir compte des pertes du réseau de distribution de l'électricité.

À l'aide des données du tableau 1.3 et de l'information fournie ci-dessous, calculez la réduction des émissions. Afin d'effectuer ce calcul pour vos propres installations, obtenez des données précises du service d'électricité.

- Dans une grande usine de fabrication de la Saskatchewan, le programme de gestion de l'énergie consistait à remplacer des appareils d'éclairage fluorescent par des appareils aux halogénures et plusieurs gros moteurs électriques par des moteurs à haut rendement. Au total, les économies d'énergie annuelles s'élevaient à 33 600 MWh. Calculez la réduction correspondante des émissions.
- Le tableau 3 indique que, en Saskatchewan, la moyenne des émissions de $CO_2$ provenant de la production d'électricité est de 0,82 t/MWh.
- Faites la conversion pour connaître les économies d'énergie équivalentes à la centrale en utilisant un facteur d'efficacité de la distribution de 96 p. 100.

Économies d'énergie annuelles à la centrale :

= 33 600 MWh/0,96 = 35 000 MWh

Réduction de $CO_2$ :

= 35 000 MWh/an × 0,82 t/MWh = 28 700 t/an

**TABLEAU 1.2**

**Coefficients d'émissions de gaz à effet de serre, selon le type de procédé ou l'utilisation**

| | $CO_2$ | | $CH_4$ | | $NO_x$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Procédé** | **t/t** | **t/TJ** | **g/kg** | **t/TJ** | **g/kg** | **kg/TJ** |
| Production de ciment | 0,50 | – | – | – | – | – |
| Production de chaux | 0,79 | – | – | – | – | – |
| Production d'ammoniac | 1,58 | – | – | – | – | – |
| Production de lessive de pâte résiduaire | 1,43 | 102,10 | – | – | – | – |
| Production d'acide adipique | – | – | – | – | – | – |
| Production d'oxyde nitrique | – | – | – | – | 0,03 | – |
| Production de gaz naturel | 0,07 | – | 2,67 | – | – | – |
| Mines de charbon | – | – | 1,20-16,45 | – | – | – |
| **Utilisation à des fins non énergétiques** | **t/kL** | **t/TJ** | **g/kg** | **t/TJ** | **g/kg** | **kg/TJ** |
| Produits de charge pétrochimique | 0,50 | 14,22 | – | – | – | – |
| Naphtes | 0,50 | 14,22 | – | – | – | – |
| Lubrifiants | 1,41 | 36,01 | – | – | – | – |
| Autres produits | 1,45 | 28,88 | – | – | – | – |
| Coke | 2,48 | 86,00 | – | – | – | – |
| | **t/ML** | **t/TJ** | | | | |
| Gaz naturel | 1,26 | 33,35 | – | – | – | – |
| Gaz de cokerie | 1,60 | 86,00 | – | – | – | – |
| **Agriculture** | **kg/tête/année** | | **kg/tête/année** | | **g/kg** | **kg/TJ** |
| Bétail | 36-3 960 | | 0,01-120 | | – | – |
| Engrais | – | | – | | 1-50 | – |
| **Divers** | **kg/t** | | **kg/T** | | **g/kg** | **kg/TJ** |
| Décharges | 182 | | 66 | | – | – |

**Abréviations :** t, tonne; kg, kilogramme; g, gramme; ML, mégalitre; TJ, térajoule; kL, kilolitre; GL, gigalitre.
(Voir l'annexe B, « Unités d'énergie et facteurs de conversion ».)

**Source :** *Guide d'inscription, Mesures volontaires et Registre du Défi-climat canadien*, août 1995, et son addendum, publié en mars 1996.
Données fournies par Environnement Canada.

**TABLEAU 1.3**
**Moyenne des émissions de $CO_2$ en 1998, par unité d'électricité produite**

| | t/MWh | t/TJ |
|---|---|---|
| Provinces de l'Atlantique | 0,25 | 68,4 |
| Québec | 0,01 | 2,5 |
| Ontario | 0,23 | 65,2 |
| Manitoba | 0,03 | 8,2 |
| Saskatchewan | 0,83 | 231,7 |
| Alberta | 0,91 | 252,1 |
| Colombie-Britannique | 0,03 | 7,4 |
| Territoires du Nord-Ouest, Yukon et Nunavut | 0,35 | 98,5 |
| Canada, moyenne | 0,22 | 61,3 |

## 1.2 Le Programme d'économie d'énergie dans l'industrie canadienne (PEEIC)

Énoncé de mission du PEEIC :

> Promouvoir des mesures volontaires valables, propres à réduire la consommation d'énergie de l'industrie par unité de production et à améliorer la performance économique tout en aidant le Canada à atteindre ses objectifs en matière de changement climatique.

Le PEEIC aide l'industrie canadienne à accroître son efficacité énergétique depuis plus d'un quart de siècle. Il s'agit du plus important volet du Programme de l'efficacité énergétique dans l'industrie de l'Office de l'efficacité énergétique (OEE) de Ressources naturelles Canada (RNCan). Le PEEIC est une alliance regroupant l'industrie et le gouvernement fédéral pour accroître l'efficacité énergétique, limiter les émissions de gaz à effet de serre et améliorer la compétitivité de l'industrie canadienne.

Le PEEIC offre un point de mire en vue d'établir des objectifs d'amélioration de l'efficacité énergétique et de favoriser l'élaboration et la mise en œuvre de plans d'action dans les secteurs et les sous-secteurs industriels. Les responsables du Programme travaillent en collaboration avec les groupes de travail des secteurs industriels et les associations industrielles pour suivre de près les améliorations de l'efficacité énergétique et les réductions d'émissions qui en découlent et en faire rapport. Il aide à la mise en œuvre de programmes d'efficacité énergétique par la publication du présent guide, par exemple.

### Contexte

Au lendemain de la première crise mondiale du pétrole en 1973, le gouvernement du Canada s'est de plus en plus préoccupé des questions associées à la sécurité énergétique ainsi qu'à la fixation des prix et à l'utilisation de l'énergie. En 1975, il confiait au ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources (qui est devenu RNCan en 1990) le mandat de créer le PEEIC. Celui-ci visait à encourager et à coordonner les efforts volontaires de l'industrie canadienne pour améliorer l'efficacité énergétique et suivre de près les progrès accomplis ainsi qu'à favoriser l'échange d'information technique non exclusive sur la consommation d'énergie. Cette initiative a porté fruit : les 14 secteurs industriels qui ont participé au programme au départ, auxquels étaient attribuables 70 p. 100 de la consommation d'énergie dans l'industrie canadienne, ont réalisé des économies d'énergie cumulatives de 26,1 p. 100 par unité de production entre 1973 et 1990. Le PEEIC a aussi considérablement soutenu l'effort visant une efficacité énergétique accrue par la publication et la diffusion d'information utile sur les améliorations techniques et les pratiques de gestion de l'énergie. Vers la fin des années 80, la déréglementation du marché de l'énergie a suscité une baisse d'intérêt à l'endroit de l'efficacité énergétique. La participation au PEEIC a diminué et le programme a connu une période de déclin.

Au début des années 90, les activités de promotion de l'efficacité énergétique et les capacités de facilitation du PEEIC ont de nouveau soulevé l'intérêt en raison de deux forces externes : l'engagement pris à l'échelle internationale de contrôler la quantité de gaz à effet de serre produits au Canada et la montée en flèche des pressions exercées sur les industries par la concurrence industrielle mondiale.

Dans son Plan vert (décembre 1990), le gouvernement fédéral énonçait des directives relatives aux incidences environnementales de la consommation d'énergie – en particulier la combustion de combustibles fossiles. Deux ans plus tard, le Canada était au nombre des pays signataires de la convention internationale de Rio de Janeiro sur le réchauffement de la planète, s'engageant alors à stabiliser ses émissions de $CO_2$ aux niveaux de 1990 en l'an 2000. C'est pourquoi, à ce moment-là, le PEEIC a modifié son approche relative à l'efficacité énergétique dans l'industrie pour relever le défi du réchauffement de la planète.

Le PEEIC pouvait déjà compter sur un grand nombre de réalisations dignes de mention pour aller de l'avant :

- L'amélioration de 26,1 p. 100 de l'efficacité énergétique atteinte par les membres du PEEIC entre 1973 et 1990 représentait une réduction soutenue de 30,4 p. 100 des émissions des industries canadiennes.
- Le réseau œuvrant en faveur d'une plus grande efficacité énergétique regroupait déjà plus de 3 000 entreprises.
- Le PEEIC a obtenu des engagements d'entreprises auxquelles étaient attribuables les trois quarts de la consommation d'énergie du secteur industriel pour établir des objectifs, dresser des plans d'action et mettre en œuvre des projets d'amélioration de l'efficacité énergétique.
- Un système de suivi et de présentation de rapports de calibre mondial a été mis au point, système fondé sur l'énergie consommée par unité de production.

## Approche du PEEIC en faveur de l'efficacité énergétique dans l'industrie

Outre la principale activité d'établir des objectifs et des plans d'action progressifs en vue d'améliorer l'efficacité énergétique de chaque secteur – ce qui a permis par le passé de réduire la consommation d'énergie – le PEEIC, dans le cadre de son plan d'action pour la période 2000-2010, poursuit également les activités suivantes :

- obtenir des entreprises l'engagement volontaire d'améliorer leur efficacité énergétique et de réduire leurs émissions;
- coordonner la formulation d'engagements consolidés relatifs à l'amélioration de l'efficacité énergétique, et d'objectifs pour chaque sous-secteur;
- encourager la réalisation de plans d'action au sein des sous-secteurs;
- mettre l'accent sur ses activités au niveau sectoriel et offrir aux intervenants, comme RNCan, un cadre d'action pour donner suite aux recommandations des groupes de travail en adaptant ses pratiques et ses programmes relatifs à l'efficacité énergétique;

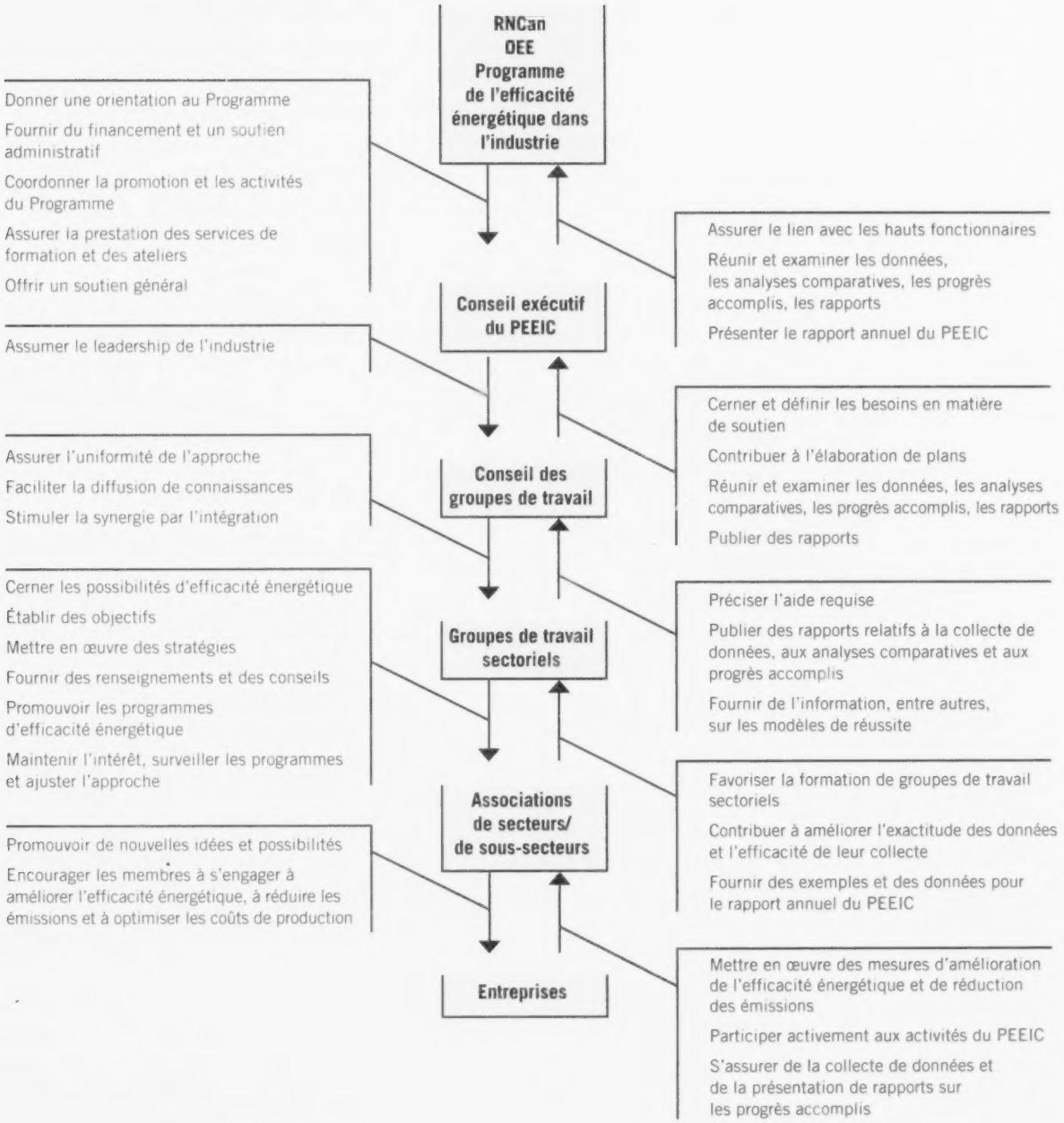
- utiliser des données et des analyses fiables pour suivre les progrès accomplis;
- consolider les améliorations de l'efficacité énergétique et les réalisations accomplies en matière de réduction d'émissions et de production de rapports;
- faire appel à des groupes de travail sectoriels pour encourager les industries à échanger de l'information technique et à promouvoir la synergie entre les secteurs;
- encourager, faciliter et offrir une formation en gestion de l'énergie.

### Organisation actuelle du PEEIC

Le PEEIC est un organisme spécialisé, proactif et efficient sur le plan des coûts, qui vise d'abord et avant tout à obtenir des résultats précis. Il regroupe des associations verticales, des groupes de travail formés de membres bénévoles et des entreprises. Il obtient un effet de synergie grâce aux travaux de son Conseil des groupes de travail, où sont actuellement représentés plus de 20 secteurs qui regroupent 25 groupes de travail appuyés par plus de 40 associations industrielles, et qui continue de croître. Le Conseil des groupes de travail profite du leadership et de la direction du Conseil exécutif dont plusieurs membres siègent au Conseil d'administration et au Conseil des champions de MVR inc. La figure 1.1 à la page 11 présente la structure de base du programme.

Le Programme de l'efficacité énergétique dans l'industrie offre au PEEIC un appui financier et non financier, y compris des services administratifs. RNCan est le principal fournisseur de fonds de même que le gestionnaire du Programme. Le PEEIC reçoit également un soutien financier et non financier des autres ordres de gouvernement et des entreprises de services publics. Les entreprises participantes et les associations verticales lui accordent également une aide non financière.

**FIGURE 1.1**
**Structure (simplifiée) du PEEIC**



## 1.3 Création et exécution d'un programme efficace de gestion de l'énergie

L'énergie devrait être considérée comme toute autre matière première précieuse nécessaire à la bonne marche d'une entreprise – et non pas comme une dépense générale et de maintenance de l'entreprise. L'énergie comporte des coûts et des incidences environnementales, qui doivent être bien gérés pour accroître la rentabilité et la compétitivité d'une entreprise et atténuer la gravité de ces incidences.

Toute entreprise peut économiser l'énergie en appliquant à ce poste de dépenses les mêmes principes et techniques de saine gestion qu'elle utilise ailleurs au sein de l'organisme pour la gestion de ressources clés, comme les matières premières et la main-d'œuvre. La pleine responsabilité de la consommation d'énergie doit faire partie intégrante des méthodes de gestion. La gestion de la consommation et des coûts énergétiques élimine le gaspillage et permet de réaliser de façon soutenue des économies cumulatives.

### *1.3.1 Considérations d'ordre stratégique*

La présente section vise d'abord et avant tout à convaincre la haute direction des entreprises de l'importance de la gestion systématique de l'énergie pour atteindre ses objectifs stratégiques.

Par essence, l'objectif stratégique de la plupart des sociétés consiste à acquérir un avantage concurrentiel en saisissant les occasions, à l'interne comme à l'externe, d'améliorer la rentabilité de leurs activités, produits et ventes ainsi que leur position sur le marché. Pour mettre au point une stratégie d'entreprise fructueuse, il faut prendre en considération tout ce qui influe sur les opérations de l'organisme et intégrer les diverses fonctions de gestion en un ensemble fonctionnel et efficace. La gestion de l'énergie devrait en faire partie intégrante.

Dans le processus d'établissement d'une stratégie, un organisme pourrait dans un premier temps choisir d'effectuer un examen de ses forces, faiblesses, possibilités et menaces (analyse FFPM) qui engloberait également divers facteurs légaux et environnementaux (comme les émissions et les effluents).

Par la force des choses, un tel examen permettrait de cerner les éventuelles menaces à la rentabilité de l'entreprise, entraînant ainsi la recherche de moyens de réduire les coûts. Les programmes d'amélioration de l'efficacité énergétique devraient ainsi faire partie intégrante de la stratégie d'entreprise visant à contrer de telles menaces. Ils contribueront à accroître les marges bénéficiaires de l'entreprise grâce aux économies d'énergie. Pour y parvenir, l'application de saines pratiques de gestion de l'énergie est tout aussi importante que l'utilisation de technologies et de procédés appropriés. Il ne faut pas oublier que toute économie au chapitre des activités d'exploitation se traduit par un accroissement équivalent des bénéfices nets.

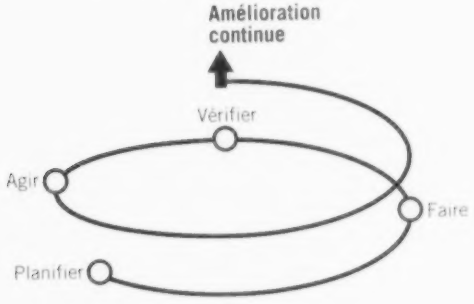
Puisque les questions environnementales soulèvent aujourd'hui des préoccupations de plus en plus vives, les programmes d'amélioration de l'efficacité énergétique sont susceptibles d'être dictés par la politique environnementale de l'entreprise. Ils feraient donc partie du système de gestion environnementale globale de l'organisme, de façon à s'assurer que les questions énergétiques soient soulevées au niveau de la direction et reçoivent l'attention qu'elles méritent.

On peut trouver dans le monde entier quantité d'exemples d'avantages associés à une approche soutenue et intégrée en vue d'économiser l'énergie. Il est souvent possible d'accroître la production sans pour autant consommer plus d'énergie si la gestion des technologies en place fait partie du plan de gestion de l'énergie de l'entreprise. Ce plan devrait être intégré aux systèmes de gestion de la qualité et de gestion environnementale de l'entreprise, de manière à servir d'outil de gestion et d'exécution complet pour réaliser d'autres économies.

L'intégration de l'énergie dans le système global de gestion repose sur l'évaluation des incidences énergétiques de chacune des décisions de gestion, de la même façon que l'on considère, entre autres, les aspects économiques, opérationnels et relatifs à la qualité.

### *1.3.2 Établir le programme de gestion*

Pour créer un programme efficace de gestion de l'énergie, il faut suivre des principes éprouvés nécessaires à l'établissement de tout système de gestion. Ces principes s'appliquent à tous les types d'organismes, grands et petits. Selon le professeur W. Edwards Deming, le processus devrait comporter quatre étapes :



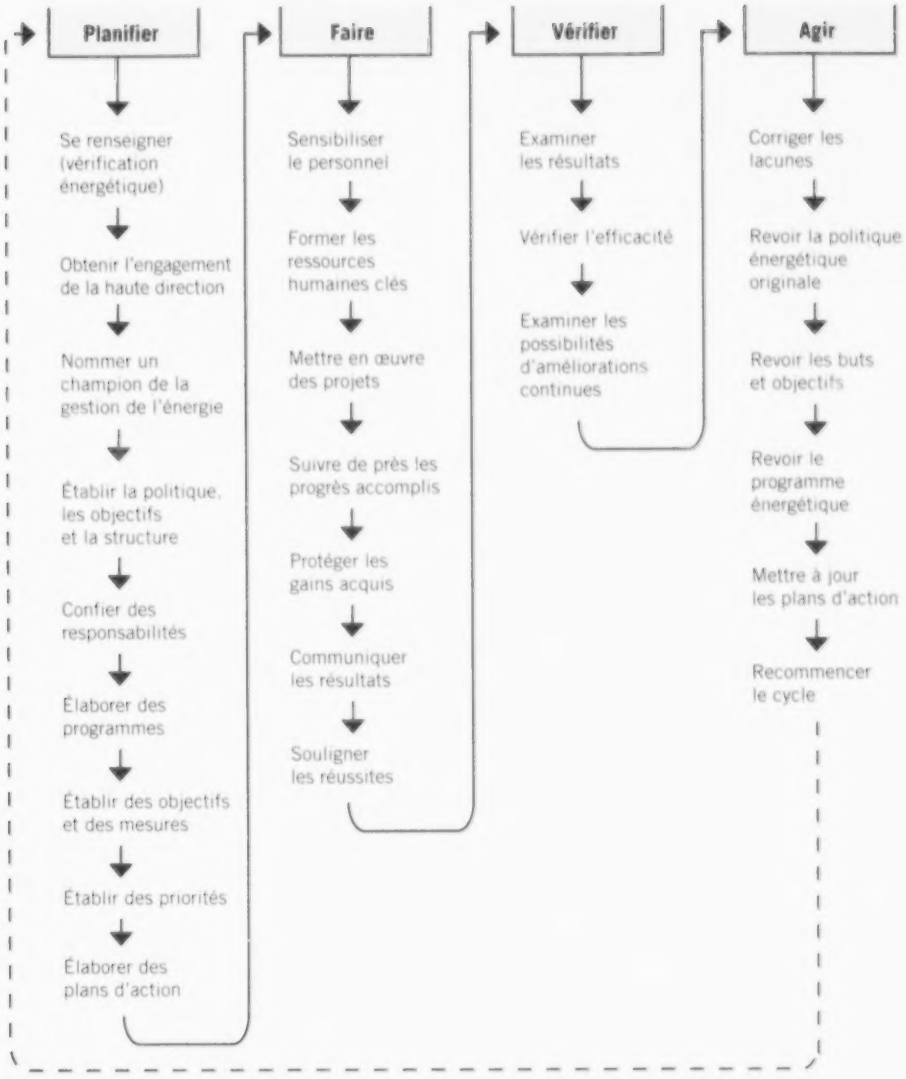

Sont réparties entre ces quatre étapes les activités essentielles suivantes énumérées dans la figure 1.2 à la page 14.

Il s'agit dans ce diagramme des grands points à retenir. Puisqu'il faut établir un programme d'amélioration de l'efficacité énergétique propre à chaque installation, les moyens concrets à prendre pour réaliser chacun des programmes sont appelés à varier.

Le bref examen suivant de chacun de ces grands points fournira un schéma directeur simplifié de la mise en œuvre d'un programme de gestion de l'énergie.

**FIGURE 1.2**

**Schéma du plan de gestion de l'énergie**




© Lom & Associates Inc., 2000

## 1.3.3 Mécanismes de mise en œuvre d'un programme de gestion de l'énergie

### Se renseigner

La vérification énergétique est la première étape de la mise en œuvre d'un programme de gestion de l'énergie. Il s'agit d'une recherche documentaire, d'une enquête (y compris des entrevues et des observations) et d'analyses pour déterminer où et comment l'énergie est consommée et où et comment il pourrait y avoir perte d'énergie. La vérification énergétique est la pierre angulaire du programme de gestion de l'énergie. C'est pourquoi une section entière du présent guide est consacrée à cet important sujet (la section 1.4, « Vérification énergétique », à la page 28). Cette vérification est essentielle pour cerner les occasions à saisir et les économies à réaliser. Elle permet d'établir un « point zéro », le point de départ à partir duquel on peut mesurer les progrès et la réussite du programme de gestion de l'énergie.

Plusieurs ressources existent pour vous aider à mener à bien la vérification énergétique et effectuer les calculs requis. Les vérificateurs expérimentés peuvent l'effectuer dans de courts délais avec peu sinon pas d'aide. La plupart des vérificateurs trouveront la partie 2 du présent guide fort utile. L'information technique qu'elle contient les aidera à cerner les sources de pertes d'énergie et à préciser dans quels secteurs il faut mener un examen détaillé.

De plus amples informations sur l'aide disponible sont fournies ci-après.

### Obtenir l'engagement de la haute direction

Pour assurer le succès d'un programme de gestion de l'énergie, celui-ci doit être l'affaire de tous dans une entreprise. Sans l'appui solide, soutenu et visible de la haute direction, le programme serait voué à l'échec. Les employés contribueront pleinement au programme uniquement s'il est évident que leurs supérieurs y sont profondément engagés. Il est donc crucial que la haute direction se rallie à la cause, l'appuie pleinement et y participe de façon enthousiaste. Puisque tous doivent être impliqués, il faut obtenir dans les milieux syndiqués l'appui des responsables syndicaux dès le début.

### Nommer un champion de la gestion de l'énergie

Un cadre supérieur qui assume le rôle de champion de la gestion de l'énergie devrait diriger la structure de gestion de l'énergie. Il donnera au programme suffisamment de poids et d'importance pour bien montrer à l'ensemble du personnel que la gestion de l'énergie est une question que tous doivent prendre au sérieux. Le champion devrait manifester beaucoup d'enthousiasme et témoigner de sa profonde conviction quant aux avantages du programme d'efficacité énergétique.

## Établir la politique, les objectifs et la structure énergétiques

Le chef de la direction devrait marquer le lancement du programme de gestion de l'énergie par la présentation de l'énoncé de la politique énergétique aux employés, suivie immédiatement de l'explication des avantages d'une utilisation judicieuse de l'énergie. La politique énergétique devrait être conforme aux objectifs stratégiques de l'entreprise et en accord avec ses autres politiques (qualité, production, environnement, etc.), sa vision et son énoncé de mission.

Pour assurer la légitimité du programme – en plus de démontrer son appui solide, soutenu et visible – la haute direction doit prendre et respecter d'autres engagements importants :

- accorder autant d'importance au programme de gestion de l'énergie qu'à la production;
- fournir les ressources nécessaires;
- présenter des rapports sur les progrès accomplis aux actionnaires et aux employés.

L'efficacité d'un programme de gestion de l'énergie repose sur le temps et les efforts que les responsables de sa mise en œuvre peuvent y consacrer. Ainsi, il est essentiel de prévoir des fonds de fonctionnement adéquats.

En établissant ses objectifs, l'organisme devrait considérer ses priorités et ses besoins financiers, opérationnels et fonctionnels et se fixer des objectifs précis. Ceux-ci doivent être mesurables, réalistes, clairement définis et communiqués à tous les intervenants.

## Confier des responsabilités

Le champion préside le comité de gestion de l'énergie (CGE) et assume personnellement la responsabilité globale de la mise en œuvre et de la réussite du programme ainsi que de la reddition de comptes sur son efficacité. Il doit avoir les connaissances techniques et la formation requises pour accomplir ses tâches et avoir librement accès à la haute direction. Idéalement, cette personne est à la fois un leader et un motivateur, un facilitateur et un modérateur, persistant et déterminé à réussir, un bon communicateur et un ardent défenseur de la cause. Il doit également pouvoir assurer un excellent suivi des dossiers qui lui sont confiés et garder le contact avec les membres du CGE.

Le champion a également pour tâche de présenter régulièrement et fréquemment des rapports faisant le point sur le programme de gestion de l'énergie, spécialement lorsque le projet a atteint son objectif d'économies d'énergie.

Des responsabilités précises et l'obligation de rendre des comptes relativement au programme de gestion de l'énergie peuvent être confiées aux chefs de secteur. Les chefs de service doivent également être renseignés sur l'importance d'une saine gestion de l'énergie et sur la façon dont ils peuvent y contribuer. Par ailleurs, l'énergie étant une ressource gérée dont l'utilisation s'étend sur plusieurs services

de l'entreprise, les chefs de service doivent rendre des comptes sur son utilisation dans leur secteur d'activité. Cela ne se produira sans doute pas immédiatement, puisque souvent, le matériel de contrôle et les appareils de mesure de la consommation ne sont pas en place au début du programme.

Le CGE devrait regrouper des représentants de chacun des principaux services qui consomment de l'énergie, comme la maintenance et la production, et de diverses unités fonctionnelles, dont les services financiers, environnementaux, légaux et d'approvisionnement. Les membres du comité devraient être prêts à formuler des recommandations qui touchent leur secteur de compétence et à mener des enquêtes et des études. Pour assurer la bonne marche des activités de gestion de l'énergie, il est préférable de confier des tâches précises aux gens et de leur demander d'en rendre compte.

Dans les plus petits organismes, les tâches relatives à la réduction de la consommation d'énergie devraient être réparties entre tous les membres du personnel de gestion.

### Élaborer des programmes de gestion de l'efficacité énergétique

Pour élaborer avec succès un programme d'amélioration de l'efficacité énergétique, il faut prévoir les éléments suivants :

- un plan d'économies à long terme;
- un plan à moyen terme pour l'ensemble des installations;
- un plan de projet détaillé pour la première année;
- des mesures en vue d'améliorer la gestion de l'énergie, y compris la mise en place d'un système de surveillance énergétique.

Ce dernier élément devrait également permettre de connaître les économies d'énergie qui découleront certainement de meilleures pratiques de gestion interne, c'est-à-dire par l'élimination de pratiques qui gaspillent l'énergie. Des entreprises des quatre coins du monde rapportent que, à elles seules, ces mesures permettent de réduire de 10 à 15 p. 100 les coûts énergétiques.

Il est préférable de suivre le plan de gestion de l'énergie de façon continue, en assurant la coordination d'un nombre de projets visant à économiser l'énergie, plutôt que de prendre des mesures au hasard ou petit à petit.

Le champion de la gestion de l'énergie devrait partager avec tous les membres du CGE l'information disponible sur la consommation d'énergie et les inviter à explorer des moyens d'économiser l'énergie dans leur propre secteur d'activité ou service.

À la lumière de l'information recueillie, il faut établir des objectifs d'économies d'énergie réalistes et suffisamment stimulants pour que les employés soient encouragés à relever le défi.

Il faut également prévoir un système de comptes rendus, soumis assez souvent, pour suivre de près les progrès accomplis en vue de réaliser les objectifs.

## Établir des objectifs et des mesures

Il est possible de contrôler ce que l'on peut mesurer. Beaucoup d'entreprises disposent tout au plus d'appareils rudimentaires de mesure, notamment dans les plus petites installations. Cela ne devrait toutefois pas les empêcher de lancer un projet d'amélioration de l'efficacité énergétique. Au fur et à mesure que l'initiative de gestion de l'énergie se développe, on pourra se procurer d'autres jauges, détecteurs, etc. De fait, les premiers succès remportés dans le cadre des projets visant à économiser l'énergie justifieront grandement l'acquisition de nouveaux appareils de mesure.

Les objectifs doivent être mesurables et vérifiables. Pour vous assurer qu'ils sont réalistes, appliquez des normes indiquant la quantité d'énergie qui devrait être consommée pour une application en particulier. Comparez votre rendement réel aux normes de l'industrie ou au calcul de vos besoins énergétiques pratiques et théoriques. Dans la mesure du possible, exprimez les objectifs de rendement en termes d'unités de production. Établissez toujours des objectifs et les normes en unités courantes de consommation (p. ex., MJ, GJ, Btu, kWh – voir l'explication des unités à l'annexe B). Optez pour les MJ ou les GJ (les unités préférées, comme toutes les unités du Système international d'unités) ou les Btu pour favoriser les comparaisons entre différentes sources d'énergie.

L'atteinte du palier que représente l'objectif fixé devrait marquer l'occasion d'établir un nouvel objectif supérieur.

## Établir des priorités

Il faut certes prendre dûment en considération les besoins de l'entreprise, mais il ne faut pas oublier qu'il faut d'abord marcher avant de courir. Commencez par établir de petits objectifs facilement et rapidement réalisables. Cela motivera grandement le personnel, qui verra bien qu'il est possible d'atteindre ces objectifs et que des progrès ont été accomplis, en plus d'avoir le sentiment d'avoir réussi. Par ailleurs, les membres du CGE auront ainsi l'occasion d'acquérir l'expérience et la confiance nécessaires avant de s'attaquer à la réalisation d'objectifs plus complexes ou de plus grande envergure.

## Élaborer des plans d'action

Soyez précis : un plan d'action est un outil de contrôle et de gestion de projet. Il devrait préciser les tâches, les responsabilités et le secteur de compétence du personnel désigné ainsi que le calendrier des activités. Il devrait également spécifier les besoins en matière de ressources (fonds, personnel, formation, etc.) ainsi que le calendrier et les étapes de chaque projet. Plusieurs logiciels de gestion de projet sont offerts sur le marché, pour faciliter entre autres la création de graphiques Gantt qui servent notamment à la surveillance et au contrôle de l'exécution et des coûts d'un projet.

Lors du choix de projets d'efficacité énergétique en vue de leur mise en œuvre, il faut être à l'affût de **possibilités de gestion de l'énergie** (PGE), c'est-à-dire des moyens d'utiliser judicieusement l'énergie pour économiser. Dans la plupart des cas, ces PGE peuvent être divisées en trois catégories :

Il faut retenir que la distinction entre les « possibilités d'amélioration à faible coût » et les « possibilités de rénovation » est normalement fonction de l'envergure, de la nature et de la politique financière de l'organisme.

Dans la partie 2 du présent guide, les PGE seront accompagnées du symbole suivant :

### Sensibiliser le personnel

L'ensemble du personnel devrait participer à l'effort pour accroître l'efficacité énergétique. Tous devraient ainsi être sensibilisés à l'importance de réduire la consommation d'énergie pour réaliser des économies ainsi qu'aux avantages environnementaux plus vastes d'une plus grande efficacité énergétique – par exemple la diminution des émissions de $CO_2$ résultant d'une diminution de la consommation. Plusieurs moyens (séminaires, jeux-questionnaires, démonstrations, expositions) peuvent servir à transmettre ce message. Mentionnons aussi une excellente publication de RNCan, *Trousse de votre programme de sensibilisation des employés* (courriel : indust.innov@rncan.gc.ca).

Une campagne de sensibilisation bien orchestrée devrait idéalement susciter l'intérêt et la volonté de participer des employés. Ces derniers doivent connaître leurs rôles et responsabilités dans le cadre des activités globales de gestion de l'énergie et être mis au courant de l'incidence de leur rendement personnel sur l'issue du projet. Cela comprend notamment les conséquences possibles, pour le bien-être de l'entreprise et de la société, de ne pas apporter d'améliorations.

Les activités de sensibilisation à l'économie d'énergie contribueront grandement à l'adoption de mesures de gestion interne qui coûteront très peu.

### Former les ressources humaines clés

Les membres du CGE, les chefs de service et ceux parmi les autres employés qui auront un rôle à jouer dans le programme de gestion de l'énergie – et une plus grande influence sur la consommation d'énergie de leurs collègues – devraient recevoir une formation appropriée. Celle-ci pourrait notamment porter sur les pratiques éconergétiques propres à leurs tâches, ou sur les techniques de contrôle et de mesure de la consommation d'énergie. RNCan parraine un certain nombre de cours consacrés à divers aspects de l'amélioration de l'efficacité énergétique. Les services publics et d'autres organismes offrent également une formation (consulter la liste des ressources en matière de formation aux pages 24 à 26).

Il y a lieu d'organiser la formation en deux étapes. La première consisterait en la formation précise donnée à des employés choisis. La seconde, offerte en temps utile, prend la forme d'une stratégie visant à intégrer la formation en gestion de l'énergie dans les programmes courants de formation de l'entreprise, pour assurer une formation continue dans ce domaine. Les cours de formation générale destinés aux équipes (p. ex. en gestion des conflits et en résolution de problèmes) devraient également être offerts aux membres du CGE.

### Mettre en œuvre des projets

Pour que le programme d'amélioration de l'efficacité énergétique soit vraiment efficace, la mise en œuvre de projets d'économie d'énergie devrait reposer sur un ensemble coordonné et cohérent de projets interreliés. Si plusieurs projets sont envisagés, il faut également tenir compte des interactions entre eux. Par exemple, imaginez un immeuble à bureaux où il existe deux PGE : l'installation de chaudières à haut rendement et l'étanchéisation des fenêtres. Si le coût actuel de l'énergie (avant le remplacement des chaudières) sert au calcul de la période de récupération du coût du projet concernant les fenêtres, cette période s'échelonnera sur environ 2,4 ans; or une fois les nouvelles chaudières installées, la période de récupération peut s'allonger à 3,1 ans.

Commencez à tirer profit des PGE que vous avez retenues le plus tôt possible. Débutez par les projets qui permettent de réaliser rapidement des économies modestes, notamment ceux qui permettent de corriger les sources les plus évidentes de gaspillage cernées lors de la vérification énergétique initiale. Les économies ainsi réalisées encourageront le CGE à examiner les secteurs où les possibilités d'économies d'énergie sont plus grandes mais moins évidentes, notamment en ce qui a trait à la machinerie et aux procédés.

Il ne faut pas négliger l'importance d'améliorer les activités de gestion interne dans le cadre du programme global de gestion de l'énergie (voir l'étape précédente intitulée « Sensibiliser le personnel »).

Durant les six premiers mois des programmes de gestion de l'énergie, il est généralement acceptable de viser des économies de 5 p. 100. Si cette première étape s'étend sur une plus longue période, et que l'objectif visé est proportionnellement plus élevé, l'enthousiasme risque de diminuer. Ainsi, commencez par des projets plus simples, qui permettent d'obtenir des résultats plus rapidement, pour susciter la confiance et l'intérêt des membres du CGE.

Faites le suivi des activités des personnes chargées de responsabilités précises et gardez à l'esprit le calendrier de mise en œuvre. Le champion de la gestion de l'énergie devrait rencontrer régulièrement le CGE pour examiner les progrès accomplis, mettre à jour la liste des projets, évaluer les objectifs fixés et établir de nouveaux objectifs au besoin. Pour maintenir l'intérêt, le CGE devrait mener un programme d'activités et de communications, et le champion devrait soumettre à la direction des rapports périodiques portant sur l'examen du programme et visant chaque fois à obtenir son appui renouvelé.

### Suivre de près les progrès accomplis

En surveillant continuellement les flux d'énergie entrant dans les installations et leur utilisation, le CGE peut recueillir beaucoup d'information qui l'aidera à évaluer les progrès réalisés dans le cadre de son programme et à planifier d'autres projets. La surveillance énergétique permet d'obtenir des données utiles pour diverses activités, dont les suivantes :

- déterminer si des progrès ont été enregistrés;
- gérer quotidiennement l'énergie pour corriger rapidement ce qui, dans le cadre des procédés, fait augmenter soudainement et excessivement la consommation;
- cerner les tendances relatives à la consommation d'énergie et utiliser cette information dans le processus budgétaire;
- calculer, à partir des données ainsi recueillies, les économies réalisées et par conséquent, le rendement du capital investi;
- fournir un renforcement positif qui aidera les employés à adopter volontiers les nouvelles pratiques éconergétiques;
- établir des comparaisons permettant de savoir si une mesure adoptée permet d'obtenir les économies d'énergie escomptées, de façon à pouvoir cerner les problèmes du projet relatifs au rendement et améliorer les méthodes d'estimation des coûts et des avantages de l'amélioration de l'efficacité énergétique pour les projets futurs;
- suivre de près le rendement de projets dans le cadre desquels des fournisseurs ont fourni des garanties de rendement;
- présenter des rapports précis sur les améliorations énergétiques à la haute direction, pour ainsi s'assurer de son engagement envers le programme;
- établir de nouveaux objectifs de réduction de la consommation d'énergie et surveiller les progrès accomplis en vue de leur réalisation;
- choisir certaines parties de l'établissement où sera effectuée plus tard une vérification énergétique approfondie.

Dans les grands établissements à fonctions multiples, le contrôle énergétique est effectué par des appareils de mesure installés dans des points stratégiques pour mesurer les flux d'énergie de diverses formes, comme la vapeur, l'air comprimé ou l'électricité, destinés à chacun des principaux utilisateurs. L'intensité énergétique est ensuite mesurée; c'est la quantité d'énergie consommée par unité de production. Il est préférable d'opter pour le Système international d'unités, puisque celui-ci permet d'établir des comparaisons globales (p. ex., la consommation en MJ ou en GJ par tonne d'acier produit dans une aciérie, ou en kWh par automobile sortant d'une usine de montage).

Le calcul de l'intensité énergétique aide les membres de la direction à cerner les sources de gaspillage dans leurs installations et les responsabilise relativement à la consommation d'énergie dans leur secteur de compétence. Lorsque les activités de surveillance démontrent que la consommation d'énergie diminue au fur et à mesure que des améliorations sont apportées, il y a lieu d'accorder son attention au prochain secteur de préoccupation.

### Protéger les gains acquis et établir de nouveaux objectifs

En matière de gestion de l'énergie, il faut faire preuve de vigilance, sinon les gains acquis risquent de s'estomper et l'effort est susceptible d'être vain. Pour vous assurer que les mesures d'économies d'énergie tiennent le coup, accordez une attention soutenue au projet mis en œuvre jusqu'à ce que ces mesures fassent partie d'une routine bien établie.

N'oubliez pas que la gestion de l'énergie relève à la fois de la technologie et des ressources humaines. Si les pratiques et les procédures ont été modifiées à la suite du projet, il faut prendre le temps et fournir l'effort nécessaires pour les documenter sous forme de directives de travail ou en matière de procédures. Ce travail permettra l'application uniforme des nouvelles mesures et pourra servir d'outil de formation et de vérification.

Lorsqu'un objectif a été atteint de façon soutenue sur une période de plusieurs semaines, il est temps de l'examiner. Il peut servir de nouveau jalon, à partir duquel un autre objectif plus poussé peut être établi. L'établissement d'objectifs favorise la participation de l'ensemble du personnel en lui donnant des buts à atteindre. En procédant ainsi par étapes et en visant des améliorations continues, la direction est davantage en mesure de faire valoir l'énergie comme une ressource qu'il faut gérer tout aussi étroitement que les autres intrants associés aux procédés, comme la main-d'œuvre et les matières premières.

### Communiquer les résultats

La communication des résultats obtenus est une activité très importante qu'il faut mener à bien pour bien faire comprendre que la gestion de l'énergie est l'affaire de tous. La diffusion régulière de rapports, fondés sur les données recueillies relativement à la consommation d'énergie, encourage les membres du personnel en leur montrant qu'ils sont sur la voie de réaliser les objectifs. L'accent devrait porter sur la présentation d'outils visuels simples – entre autres des graphiques, des diagrammes et des « thermomètres » illustrant dans quelle mesure les résultats visés ont été atteints – affichés bien en évidence sur des panneaux d'affichage, à la vue de tous. Il y aurait lieu de nommer un responsable de l'affichage et de la mise à jour régulière de l'information. La forme de la présentation des données et les couleurs peuvent être changées de temps à autre, pour maintenir l'intérêt visuel de cette information. Évitez de présenter l'information de façon aride et optez pour des moyens que tout le monde peut comprendre, p. ex. en exprimant les économies réalisées en dollars ou encore en dollars par employé ou par unité de production, de façon cumulative, c'est-à-dire en démontrant leur incidence sur la rentabilité de l'entreprise.

### Souligner les réussites

Il s'agit d'un élément fort important d'un programme, mais que l'on néglige souvent. Les gens ont grand besoin d'être reconnus et ils y accordent beaucoup de valeur. Il existe tellement de moyens de reconnaître les réalisations et de souligner la contribution des équipes (plutôt que des particuliers, dont la contribution risque de compromettre la bonne entente!) – la remise de cadeaux, comme des T-shirts, des chapeaux ou des billets pour une rencontre sportive, l'organisation de dîners ou de pique-niques, une croisière – qu'il serait impossible de les énumérer tous. La célébration des réussites est un outil de motivation du personnel et apporte psychologiquement un terme à un projet. L'atteinte d'un objectif devrait être soulignée comme une étape marquante de l'amélioration continue de l'efficacité énergétique d'une installation.

### Examiner les résultats

Afin de maintenir actif le dossier de la gestion de l'énergie et de soutenir l'intérêt, il est nécessaire de faire régulièrement rapport à l'équipe de gestion. Les mises à jour à ce sujet devraient être un point permanent à l'ordre du jour des réunions régulières consacrées à l'examen de la gestion, au même titre que les questions associées à la qualité, à la production, aux finances et à l'environnement. Après examen des résultats du projet mis en œuvre, des ajustements sont faits, les conflits sont résolus et les aspects financiers sont pris en considération.

### Vérifier l'efficacité

Le projet a-t-il permis d'obtenir les résultats escomptés? Les améliorations apportées sont-elles réellement efficaces sur le plan énergétique? Sont-elles maintenues? Pour assurer le soutien aux initiatives de gestion de l'énergie, il faut vérifier l'efficacité des mesures prises pour pouvoir corriger le tir et mieux gérer les projets futurs au besoin.

### Examiner les possibilités d'améliorations continues

Souvent, un projet ouvre la voie à une nouvelle idée, et les programmes d'amélioration de l'efficacité énergétique représentent des efforts soutenus. Le CGE et tous les employés devraient être encouragés à examiner et à réexaminer couramment et continuellement d'autres occasions d'enregistrer de nouveaux gains. Voilà l'essence même de l'amélioration continue, que tout organisme a personnellement intérêt à promouvoir. Il s'agit d'un point permanent à l'ordre du jour des réunions du CGE de certaines entreprises.

### Corriger les lacunes

L'information provenant de la surveillance des systèmes, du CGE et d'autres intervenants ainsi que de la vérification de l'efficacité d'un projet indique parfois qu'il y a lieu d'apporter des correctifs. Ceux-ci relèvent du champion de la gestion de l'énergie, qui doit veiller à ce que les arrangements nécessaires soient pris avec l'équipe du CGE et le personnel concerné. Après avoir déterminé la cause profonde des lacunes cernées, les responsables prendront les mesures correctives qui s'imposent. Il faut se rappeler de les documenter au besoin. Il sera possible de tirer parti des leçons apprises lors de futurs projets d'efficacité énergétique.

### Revoir la politique énergétique, les buts et objectifs du programme d'amélioration de l'efficacité énergétique et les plans d'action

Cette étape assure la pertinence et l'actualité soutenues de la politique énergétique, laquelle est étayée par les buts et objectifs. Puisque ceux-ci sont appelés à évoluer au fil des ans, il est essentiel de les réexaminer pour ne jamais perdre de vue les priorités, tout en tenant compte du contexte actuel. À cette fin, il y aurait lieu de mener un examen annuel ou semestriel.

Le programme d'amélioration de l'efficacité énergétique et les plans d'action sont des documents « évolutifs ». Il faut les mettre à jour et les réviser fréquemment tout au long de la mise en œuvre de projets et du lancement de nouveaux projets et en fonction de la conjoncture économique. Le champion de la gestion de l'énergie dirige cette activité, en se fondant sur les suggestions du CGE et d'autres intervenants, et obtient, de l'équipe de direction, l'approbation des mises à jour.

## *1.3.4 Aide à la formation en gestion de l'énergie*

Le personnel de gestion, technique et d'exploitation chargé de la gestion de l'énergie devra recevoir une formation pour acquérir les compétences et se familiariser avec les techniques nécessaires. Par l'entremise de l'OEE, RNCan offre actuellement deux importants programmes de formation en gestion de l'énergie :

- les ateliers « Le gros bon $ens » :
  - Plan d'action énergétique
  - Gérance énergétique (suivi et gestion des résultats)
  - Découvrir les occasions d'économiser l'énergie
- le Programme de formation en efficacité énergétique

### « Le gros bon $ens »

Les ateliers « Le gros bon $ens », offerts par le groupe du Programme de l'efficacité énergétique dans l'industrie de l'OEE, portent sur des sujets d'intérêt pour le secteur industriel.

*Plan d'action énergétique*

Cet atelier prépare les participants à planifier l'efficacité énergétique dans leur propre secteur d'activité, les aide à bien comprendre la question de l'énergie et leur propose un guide pratique pour réaliser leurs buts.

*Gérance énergétique (suivi et gestion des résultats)*

Dans cet atelier, les participants reçoivent une formation pour répartir la consommation totale d'énergie en segments logiques, chacun d'eux étant expliqué dans toute sa complexité. L'atelier couvre également les sujets suivants :

- les mesures à utiliser pour chaque type d'énergie;
- les appareils de mesure à utiliser;
- la façon d'enregistrer la consommation d'énergie;
- les techniques permettant de comprendre les tendances relatives à la consommation d'énergie et de cerner les divergences par rapport aux normes;
- les moyens à prendre pour découvrir des occasions d'améliorer la gestion de l'énergie, d'économiser de l'argent et de faire sa part pour l'environnement.

*Découvrir les occasions d'économiser l'énergie*

Cet atelier montre aux participants comment trouver des occasions d'économiser l'énergie dans leurs procédés électriques et thermiques, depuis le point d'achat jusqu'à l'utilisation finale. Il porte sur les sujets suivants :

- un examen des rudiments de l'énergie;
- le coût différentiel de l'énergie;
- les possibilités de modifier les procédés de combustion thermique;
- les inventaires de consommation finale;
- les avantages et les coûts associés aux occasions;
- les préparatifs en vue de la déréglementation, en reconnaissant la valeur de l'analyse des habitudes de consommation énergétique.

Les ateliers sont conçus pour offrir aux participants une formation pratique et concrète, afin de leur permettre de préparer de façon experte des programmes d'efficacité énergétique, d'assurer la surveillance et le suivi énergétiques et de trouver d'autres occasions d'obtenir une plus grande efficacité énergétique. Ils permettent également de voir où l'on peut réduire la consommation d'énergie sans nuire au rendement des systèmes.

Des frais peu élevés sont exigés pour participer aux ateliers « Le gros bon $ens », offerts régulièrement partout au Canada. La méthodologie d'enseignement favorise :

- une formation coordonnée et peu coûteuse dans toutes les régions;
- un processus de prestation viable;
- l'accès à de l'expertise gouvernementale et industrielle;
- l'excellence soutenue des méthodes d'enseignement;
- l'établissement de liens étroits entre l'OEE de RNCan et l'industrie canadienne.

Ces ateliers s'adressent aux professionnels des secteurs industriel et commercial ainsi qu'aux gens de métier, notamment :

- les ingénieurs et les opérateurs des installations;
- les techniciens;
- les superviseurs des installations;
- les responsables de la gestion de l'énergie;
- les représentants des services de gaz et d'électricité.

Pour obtenir de plus amples renseignements, communiquez avec :

Efficacité énergétique dans l'industrie
Office de l'efficacité énergétique
Ressources naturelles Canada
580, rue Booth, 18e étage
Ottawa (Ontario) K1A 0E4
Téléphone : (613) 996-2494
Télécopieur : (613) 947-4121

### Programme de formation en efficacité énergétique

La formation sur la consommation d'énergie dans les bâtiments de tous les secteurs d'activité est offerte par le Programme de formation en efficacité énergétique (Programme EE).

Le Programme EE est dispensé partout au Canada, dans les deux langues officielles, par l'entremise de programmes fédéraux et provinciaux de formation, d'entreprises de services éconergétiques (ESE), d'institutions d'enseignement et d'établissements privés de formation. Conçus pour mieux faire connaître l'efficacité énergétique, diffuser de l'information sur l'efficacité énergétique et promouvoir l'enseignement dans ce domaine, les cours du Programme EE portent sur l'efficacité énergétique dans le secteur du bâtiment et l'utilisation d'autres sources d'énergie comme l'énergie solaire, éolienne et géothermique, de même que celle tirée des déchets et de la biomasse ou produite dans les petites centrales hydroélectriques.

La formation du Programme EE s'adresse aux professionnels et aux gens de métier comptant de nombreuses années d'expérience dans l'industrie du bâtiment, notamment :

- les ingénieurs et les opérateurs des installations;
- les techniciens;
- les superviseurs de la maintenance;
- les responsables de la gestion de l'énergie;
- les représentants des services de gaz et d'électricité.

Pour obtenir de plus amples renseignements, communiquez avec :

Seneca College of Applied Arts and Technology
1750, avenue Finch Est
Toronto (Ontario) M2J 2X5
Téléphone : (416) 491-5050, poste 5050, ou 1 800 572-0712 (sans frais)
Sites Web : http://senecac.on.ca et http://www.senecac.on.ca/parttime
(sites en anglais seulement)

Le Seneca College s'est associé avec l'OEE et les membres d'un consortium regroupant huit pays, en vue de créer un réseau international de formation dans le domaine énergétique.

L'information sur l'OEE et ses divers programmes est diffusée sur le Web à l'adresse http://oee.rncan.gc.ca.

Pour obtenir la liste des programmes de l'OEE, consultez l'adresse suivante : http://oee.rncan.gc.ca/francais/programs.

## 1.4 Vérification énergétique

Comme il est précisé ci-dessus, il faut habituellement obtenir d'abord un aperçu de la situation, en effectuant une vérification énergétique, avant d'établir un programme d'efficacité énergétique. En effet, il s'agit de l'étape clé permettant de connaître la situation en cours et servant de fondement à l'amélioration de l'efficacité énergétique. Il est toutefois possible d'effectuer une vérification énergétique en tout temps au cours du programme, notamment pour vérifier les résultats obtenus et découvrir d'autres occasions d'atteindre une plus grande efficacité énergétique.

Comme c'est le cas pour tout autre type de vérification, cette activité peut être définie ainsi :

> Un processus de vérification systématique et documenté, consistant à obtenir et à évaluer objectivement de l'information probante, conformément aux critères d'évaluation, pour ensuite communiquer les résultats obtenus au client.

Naturellement, lors d'une vérification énergétique générale, le but visé et les techniques utilisées consistent à obtenir le bilan énergétique d'une installation, soit les intrants, les utilisations et les pertes. Des vérifications plus spécifiques et détaillées – les vérifications diagnostiques – peuvent être effectuées pour vérifier les conclusions d'une vérification générale ou pour obtenir une analyse détaillée de la consommation et des pertes d'énergie propres à une installation ou à un procédé particulier (voir plus loin la description des vérifications diagnostiques).

La vérification énergétique générale comporte quatre grandes étapes :

- entamer la vérification;
- préparer la vérification;
- effectuer la vérification;
- présenter un rapport sur les résultats.

Chacune de ces étapes comprend des sous-étapes ainsi que des activités connexes, comme l'illustre graphiquement la figure 1.3 (voir la page 29).

Cette figure illustre les étapes d'une vérification énergétique formelle dans de grandes installations complexes. Elle s'applique tout aussi bien à un organisme qui fait appel à des ressources internes ou qui embauche un consultant externe pour effectuer la vérification. Cette structure de vérification est conçue de manière à servir de guide pratique, facile à suivre, étape par étape, même pour ceux qui ne sont pas familiers avec la vérification énergétique.

Pour les plus petits organismes possédant des ressources limitées, un gestionnaire expérimenté peut prendre des raccourcis en suivant les grandes lignes de cette structure de vérification et simplifier le processus en fonction des particularités du projet.

**FIGURE 1.3**

**Étapes de la vérification énergétique**

### *1.4.1 Entamer la vérification*

#### Décider d'effectuer une vérification énergétique

La haute direction d'un organisme entreprend cette étape au tout début du processus d'établissement d'un programme de gestion de l'énergie. Les personnes qui commandent une vérification exercent alors le rôle de client et le rapport final de vérification leur est normalement présenté. L'entité vérifiée est l'organisme faisant l'objet de la vérification.

C'est également à ce moment-là que s'effectue le choix de l'endroit où se déroulera la vérification. Choisissez les bâtiments ou les secteurs sur lesquels portera la vérification – le choix des lieux est habituellement évident pour un vérificateur externe qui a fait des recherches sur place avec le personnel des services de génie, de production et de maintenance tout comme pour quelqu'un qui connaît bien l'établissement. Les vérificateurs externes travaillant dans un milieu qui ne leur est pas familier utiliseraient l'une des deux méthodes suivantes pour établir l'ordre de priorité des installations en vue de la vérification :

a) **Ordre de priorité selon la consommation d'énergie :** Cette méthode semble plus susceptible de concentrer les efforts sur les secteurs qui posent problème, mais elle ne convient pas aux établissements où le profil de la consommation d'énergie est semblable dans les différents services ni à ceux où certains procédés exigent une très grande consommation d'énergie.

b) **Ordre de priorité selon la consommation d'énergie par unité de superficie :** Cette méthode est appropriée dans les établissements où le taux de consommation d'énergie est semblable dans les installations de grandeur ou aux fonctions différentes; par contre, elle ne permet pas de faire la distinction entre la consommation en période de pointe et hors pointe, et elle traite de la même manière les établissements où il y a un, deux ou trois quarts de travail.

#### Préciser les objectifs de la vérification

Une fois encore, il incombe à la haute gestion de préciser clairement le ou les objectifs de la vérification énergétique, en examinant soigneusement le but à atteindre. Il peut s'agir notamment de cerner et de quantifier les pertes d'énergie attribuables à l'enveloppe du bâtiment, de trouver des occasions d'améliorer l'efficacité énergétique, de vérifier la conformité aux politiques internes de gestion de l'énergie de l'organisme, ou de formuler des recommandations précises pour corriger la situation.

#### Choisir le vérificateur

Y a-t-il un spécialiste compétent à l'interne ou faut-il embaucher un consultant externe pour mener à bien la vérification? Il faut prendre cette décision tôt dans le processus, puisque le vérificateur doit participer au projet dès le départ. Celui-ci dirigera les activités visant à préciser la portée et les critères de la vérification et les autres préparatifs nécessaires.

N.B. : Le terme « vérificateur » est utilisé ici au singulier uniquement par souci de simplicité. Une équipe entière de vérificateurs peut être impliquée, selon les circonstances.

Le vérificateur doit non seulement être un spécialiste compétent, mais aussi connaître le processus et les techniques de vérification, notamment la vérification énergétique. Avant d'embaucher un consultant externe, il y a lieu de faire le tour des services offerts sur le marché et d'obtenir des références.

Le processus de vérification énergétique et ses résultats doivent être crédibles. Ainsi, l'impartialité et l'objectivité, factuelles et perçues, du vérificateur doivent être parmi les principaux critères de sélection à retenir. À cette fin, optez pour un vérificateur

- sans lien de dépendance à l'égard des activités vérifiées, tant par la place qu'il occupe au sein de l'organisme qu'en raison de ses objectifs personnels;
- qui risque peu d'avoir des partis pris;
- reconnu pour son degré supérieur d'intégrité et d'objectivité;
- reconnu pour son professionnalisme au travail.

Les conclusions du vérificateur ne devraient pas être influencées par des considérations associées à divers facteurs comme l'incidence sur une unité de l'entreprise et les calendriers de production. Un moyen de s'assurer d'obtenir un point de vue indépendant, impartial et neuf sur les activités de l'entité vérifiée consiste à faire appel à un consultant indépendant ou à des membres du personnel de diverses unités de l'entreprise.

### Préciser les critères de vérification

Pour préciser ces critères, s'il y a lieu, il faut déterminer entre autres les politiques, les pratiques, les procédures ou les exigences auxquelles le vérificateur comparera les données, recueillies au cours de la vérification, sur l'état de la gestion de l'énergie dans l'organisme. Au nombre des exigences, mentionnons les normes, les lignes directrices, les besoins organisationnels précis ainsi que les prescriptions de la loi ou les exigences réglementaires.

### Établir la portée de la vérification

Il s'agit d'un autre point important. La portée de la vérification désigne l'étendue et les limites de la vérification, en fonction de facteurs comme l'emplacement physique et les activités qui y ont lieu, ainsi que le mode de présentation du rapport.

Le client doit s'asseoir avec le vérificateur et établir la portée des travaux. La liste de contrôle du mandat de vérification (voir les pages 43 à 47) offre un moyen pratique de remplir cette tâche essentielle.

Délimitez les frontières de la vérification d'une grande installation complexe. Il peut être utile de les visualiser en tant que contour d'une « boîte noire » entourant les zones à vérifier pour ensuite concentrer votre attention sur les flux d'énergie qui le traversent de part et d'autre.

Par exemple, lors de la vérification du circuit de vapeur d'une brasserie, établir les limites de la vérification autour des installations d'embouteillage signifie que l'évaluation portera sur l'efficacité du système de canalisation de la vapeur de ces installations et non pas sur l'efficacité des chaudières qui produisent la vapeur.

La mesure des flux d'énergie peut contribuer grandement à l'établissement des limites de la vérification. Par exemple, si le panneau de compteurs de l'installation mesure à la fois la consommation d'énergie utilisée dans les bâtiments et pour l'éclairage du terrain de stationnement, ce dernier devrait être couvert par la vérification. Or, souvent, les frontières physiques constituent les limites les plus logiques de la vérification.

Commencez d'abord, si c'est possible, par réaliser un projet de faible envergure. La vérification énergétique d'un trop grand nombre d'installations et de procédés à l'aide de ressources limitées risque de compromettre l'efficacité du projet.

Parmi les autres aspects pratiques à prendre en considération en établissant la portée de la vérification énergétique, mentionnons les suivants : l'effectif de l'entité vérifiée, les compétences et la disponibilité du personnel, les domaines de compétence du consultant externe, les fonds et le temps disponibles. Toute tentative d'élargir la portée de la vérification sans tenir compte des ressources disponibles peut compromettre la qualité de la vérification, qu'il ne faut jamais sacrifier en faveur d'un projet d'une plus grande portée spatiale ou s'étendant à de nouveaux domaines.

### Aviser l'entité vérifiée

Le client, qui commande la vérification, et l'entité vérifiée ne représentent parfois qu'une seule et même entité. Dans le cas contraire, par exemple s'il s'agit d'une grande société qui commande la vérification énergétique de l'une de ses filiales, il faut aviser l'entité vérifiée, voire la consulter, au sujet de la vérification prévue. C'est une question non seulement de simple courtoisie, mais aussi de favoriser de bons échanges afin d'assurer la bonne marche et la réussite de la vérification.

L'entité vérifiée devrait être renseignée sur les objectifs de la vérification et consultée au sujet de la portée du projet.

### Obtenir les ressources nécessaires et la coopération de l'entité vérifiée

Pour atteindre les objectifs visés, il est essentiel de s'assurer de la collaboration volontaire et étendue de l'entité vérifiée avec le vérificateur.

De plus, des ressources devraient être affectées pour combler adéquatement les besoins de la vérification énergétique prévue, en tenant compte des objectifs et de l'envergure du projet. Il s'agit notamment :

- de fournir au vérificateur l'espace de travail dont il a besoin;
- de désigner des guides responsables et compétents pour accompagner le vérificateur durant ses rondes;

- d'offrir sur demande au vérificateur le libre accès aux installations, au personnel, à l'information et aux registres pertinents;
- de faciliter la collecte de mesures et de données;
- de renseigner le vérificateur sur les exigences et les risques éventuels relatifs entre autres à la santé et à la sécurité au sein de l'organisme.

L'entité vérifiée devrait renseigner les employés sur la tenue prochaine d'une vérification énergétique, ainsi que sur son objectif et sa portée.

### Organiser une visite préalable de l'entité vérifiée

Une visite à l'installation à vérifier avant de procéder à d'autres activités préparatoires vise plusieurs buts : établir des contacts personnels et ouvrir les voies de communication, obtenir un portrait plus clair de l'installation et de la portée du projet, clarifier les questions, mieux cerner et affecter des ressources nécessaires au projet, et apporter au besoin des modifications à la portée de la vérification prévue, ainsi qu'aux dates et à la durée du projet.

L'entité vérifiée est une source précieuse de critiques du programme de vérification. Les connaissances acquises peuvent contribuer à améliorer sensiblement le processus de vérification et à obtenir de bien meilleurs résultats.

En outre, des questionnaires et des listes de contrôle peuvent être remis durant la visite préalable, réduisant ainsi les heures de travail que le vérificateur doit passer sur place au cours de la vérification comme telle et l'aider à être plus productif. Le temps qu'il passe à travailler sur place coûte cher à la fois au vérificateur et à l'organisme qui a commandé la vérification.

## *1.4.2 Préparer la vérification*

### Obtenir la participation de l'entité vérifiée

Pour assurer la réussite de la vérification énergétique, il faut l'aborder dans un esprit de collaboration. Le personnel de l'entité vérifiée doit sentir qu'il participe de façon constructive au processus – et qu'il ne s'agit pas tout simplement d'un projet qui lui est imposé. Le vérificateur devrait entre autres consulter l'entité vérifiée sur la portée de la vérification, obtenir de l'information sur les sujets de préoccupation qui doivent être considérés de façon prioritaire et discuter de la méthode de vérification prévue.

### Décider des dates et de la durée approximative de la vérification

De concert avec l'entité vérifiée, le vérificateur doit établir le calendrier de la vérification afin que cette dernière se déroule durant une période :

- où cela convient, compte tenu des activités (p. ex., éviter les périodes où le personnel est parti suivre des cours ou est en vacances, ainsi que les périodes d'arrêts de la production et de remise en état des installations);
- où les conditions sont typiques du régime d'exploitation de sorte que les conclusions qui se dégagent de la vérification peuvent raisonnablement s'appliquer à l'année entière.

### Déterminer l'approche de la vérification

Décidez, compte tenu de l'information disponible, si l'évaluation énergétique de l'installation portera sur l'examen :

- secteur par secteur de l'établissement en entier (à l'intérieur des limites de la vérification),
- individuel des divers systèmes qui consomment de l'énergie.

Confirmez également, conformément aux objectifs énoncés, l'étendue des travaux prévus et la grandeur et la complexité de l'installation qui fera l'objet de la vérification, que celle-ci vise tout simplement à souligner les éventuelles possibilités de gestion de l'énergie (PGE) ou comprenne également des vérifications diagnostiques plus précises et détaillées visant à les confirmer ou à les quantifier.

### Former une équipe de vérification

Lorsque suffisamment d'information est recueillie sur l'installation à vérifier et que l'envergure des installations justifie la réalisation d'un tel projet, il y a lieu de déterminer le nombre de membres qui composeront l'équipe de vérification pour assurer l'efficacité de la vérification. Les critères mentionnés à la section « Choisir le vérificateur » s'appliquent également au choix des membres de l'équipe de vérification. Le vérificateur en chef forme cette équipe qu'il dirigera, en prenant en considération les qualifications des vérificateurs et les éventuels conflits d'intérêt. Il précise aussi les rôles et les responsabilités de chacun des membres et cherche à parvenir à une entente avec le client sur la composition de l'équipe.

### Recueillir des données et des renseignements

Obtenez des données antérieures. C'est une étape critique de la vérification énergétique. La fiabilité des données est cruciale : elle touche directement la qualité des calculs et des décisions fondées sur les résultats. Le vérificateur devrait choisir des données provenant des sources suivantes :

- factures des services publics;
- registres de production;
- plans d'architectes et d'ingénieurs de l'usine et de son matériel;
- données météorologiques d'Environnement Canada;
- registres de la consommation produits par l'entreprise.

L'équipe de vérification aura besoin des factures des services publics, pour toutes les sources d'énergie – électricité, gaz naturel, mazout et eau – pour une période d'au moins 12 mois, prenant fin préférablement au moment où débute la vérification. Pour servir d'outil de référence fiable à partir duquel suivre de près la consommation subséquente d'énergie, les données doivent refléter les activités en cours de l'établissement.

Les registres de production sont essentiels pour expliquer les variations des données provenant des factures des services publics; par exemple, les fermetures annuelles y seront représentées par des réductions de la consommation d'énergie pendant une

ou deux semaines. Les plans et les dessins permettront également au vérificateur de se familiariser avec l'installation et l'aideront à localiser le matériel consommateur d'énergie d'une importance critique. Les plans sont aussi utiles

- pour calculer la superficie des planchers, des murs et des fenêtres;
- pour identifier les éléments de l'enveloppe du bâtiment, comme l'isolation thermique;
- pour localiser et identifier les services et circuits techniques du bâtiment, et en déterminer la capacité;
- pour localiser les compteurs des services publics (en place et prévus).

Afin de calculer la consommation d'énergie du matériel pour lequel l'entreprise ne dispose d'aucune donnée précise relevée de compteurs, il faut obtenir l'information sur sa puissance sur la plaque signalétique qui y est apposée et déterminer le facteur de charge exact. Ce dernier représente une fraction du courant nominal à pleine charge consommé réellement par le matériel.

La collecte de données météorologiques (mensuelles ou quotidiennes en degrés-jours) est nécessaire lorsque la vérification porte sur des systèmes qui sont influencés par la température extérieure, comme le système de chauffage d'un bâtiment ou le matériel de refroidissement. Les registres tenus par les responsables de l'exploitation des immeubles ou les opérateurs de procédés industriels sont utiles pour expliquer les variations à court terme des procédés, comme les flux de vapeur liés aux procédés discontinus.

### Effectuer les analyses préliminaires

Une analyse préliminaire des données est effectuée pour évaluer l'installation dans son ensemble et préciser l'envergure des travaux à réaliser, y compris d'investigation et d'analyse. Voici les principales tâches du processus d'analyse préliminaire :

- effectuer le rapprochement des données des services publics et de l'information relative à l'exploitation de l'usine;
- cerner les principaux secteurs de consommation d'énergie;
- établir un plan de travail en vue de recueillir de l'information à l'endroit où se déroulera la vérification, d'analyser toutes les données et de produire un rapport de vérification.

**Factures de gaz naturel et d'électricité** : Il est facile d'effectuer le rapprochement des montants des factures de gaz naturel et d'électricité avec celles portant sur les procédés de l'usine, parce que le client n'est facturé que pour le montant consommé, et tant le gaz naturel que l'électricité sont consommés au moment de leur livraison.

**Factures de mazout et de charbon (coke)** : Puisque le mazout et le charbon sont entreposés sur place, parfois pendant de longues périodes, les factures de mazout et de charbon sont de peu d'utilité pour le vérificateur, sauf si les livraisons sont effectuées au moins une fois par mois et qu'il a été établi que, pour chacune des deux dernières livraisons, la quantité totale des combustibles

livrée auparavant a été consommée. Cela n'est toutefois pas susceptible de se produire fréquemment. Pour le matériel alimenté au charbon, des estimations fiables de la consommation d'énergie peuvent être obtenues seulement à partir de la mesure de l'efficacité de la combustion et du rendement énergétique. Des données précises sur la consommation de mazout peuvent être obtenues dans les installations où des compteurs mesurent le débit du combustible provenant des réservoirs où il est entreposé et lorsque des registres des relevés des compteurs sont tenus.

**Bilan énergétique** : En établissant le bilan énergétique de l'installation, le vérificateur peut découvrir où la consommation d'énergie est la plus marquée et cerner les secteurs à examiner de plus près lors des étapes subséquentes de la vérification. Pour faire le bilan énergétique, suivez les ramifications du réseau énergétique de l'usine en tenant compte de tous les éléments qui le composent; un diagramme de flux de chaleur, un diagramme circulaire ou un diagramme à barres l'illustrent le mieux.

## Préparer le plan de vérification

Le plan de vérification est un document « évolutif », qui doit être suffisamment souple pour qu'on puisse y apporter immédiatement des correctifs tenant compte de l'information recueillie durant l'évaluation ou de changements des conditions. Néanmoins, le plan de vérification est un outil vital de planification et de communication permettant de mener une vérification cohérente et complète de l'objet à l'étude et une utilisation efficace des ressources.

Le plan de vérification devrait préciser ce qui suit :

- les détails de l'entité vérifiée (les unités organisationnelles et fonctionnelles à vérifier, les coordonnées et les personnes-ressources);
- les dates et les endroits où aura lieu la vérification;
- les objectifs et les critères de la vérification, le cas échéant;
- la portée de la vérification;
- les éléments prioritaires de la vérification énergétique;
- le temps et la durée prévue des principales activités de vérification;
- l'identification des membres de l'équipe de vérification;
- le calendrier des rencontres avec les gestionnaires de l'entité vérifiée;
- les exigences en matière de confidentialité;
- le contenu et la présentation du rapport de vérification ainsi que la date prévue de sa publication et de sa distribution.

La préparation du plan de vérification relève du vérificateur en chef. Le plan devrait être communiqué à toutes les parties concernées, c'est-à-dire le client (qui devrait l'approuver), l'équipe de vérification et l'entité vérifiée.

### Préparer des listes de contrôle et des documents de travail

On pourrait comparer l'utilisation d'une liste de contrôle de la vérification à la consultation d'une carte routière par un automobiliste : on s'assure ainsi d'atteindre le but visé dans le moins de temps possible et de ne pas rater des étapes importantes du trajet. Parfois, au lieu de « liste de contrôle », l'expression « protocole de vérification » est utilisée.

Les questions de la liste de contrôle, portant sur divers types de matériel consommateur d'énergie et d'installations physiques, sont formulées dans les fiches d'évaluation de la partie 2 du présent guide, ou peuvent l'être à partir de ces fiches. Il vaut la peine de consentir les efforts requis pour préparer les listes de contrôle, même si les vérificateurs possèdent une vaste expérience dans le domaine. Leur utilisation donnera un indice de la qualité des conclusions de la vérification. Les listes de contrôle offrent une preuve objective que tous les éléments pertinents ont été couverts. C'est le vérificateur en chef qui coordonne la préparation de la liste de contrôle.

La liste de contrôle a pour but de stimuler la réflexion et d'orienter systématiquement le vérificateur. L'utilisation d'une liste de contrôle favorise la bonne marche des étapes suivantes de la vérification énergétique :

- dresser la liste des appareils de mesure, des compteurs et du matériel de contrôle;
- examiner si le matériel existant convient à la tâche;
- examiner la fonction, la gestion et le rendement énergétique des systèmes et des procédés;
- préciser la nature de l'information supplémentaire requise et les mesures à prendre pour l'obtenir;
- énumérer les améliorations qu'il serait utile d'apporter et aider à obtenir une estimation des coûts;
- fournir une estimation des économies ou de l'accroissement de la capacité.

Au nombre des autres documents de travail, mentionnons les procès-verbaux des réunions et les registres de présence aux réunions, les registres de la vérification (les notes du vérificateur) et les plans de l'installation.

L'utilisation de ces listes de contrôle et documents de travail a pour but d'assurer l'approche et l'exécution cohérentes et systématiques de la vérification. L'uniformité est d'autant plus importante lorsqu'un organisme désire mener une vérification énergétique de plusieurs de ses installations.

### Déterminer si la vérification peut être effectuée

Avant que le vérificateur en chef puisse donner le feu vert officiel du début de la vérification énergétique, il faut que trois conditions essentielles soient remplies :

- la disponibilité de ressources adéquates;
- la disponibilité d'information suffisante;
- la coopération de l'entité vérifiée.

### *1.4.3 Effectuer la vérification*

#### Organiser une réunion d'ouverture

La réunion d'ouverture donne le ton de la vérification énergétique. Il s'agit donc d'une de ses parties très importantes.

Accordez le temps et l'effort nécessaires à la réunion d'ouverture. Si elle inspire confiance au personnel de l'entité vérifiée au sujet du processus de vérification, l'entité aura également confiance dans les résultats.

Les membres de l'équipe de vérification et le personnel de l'établissement se réunissent, peut-être pour la première fois, afin :

- d'examiner les buts (objectifs), la portée et le plan de la vérification;
- d'apporter des changements au plan de vérification au besoin;
- de décrire (ou de comprendre) les méthodes de vérification;
- de préciser les liens de communications durant la vérification;
- de confirmer l'accès aux ressources et aux installations;
- de confirmer le calendrier des réunions avec le groupe de gestion (y compris la séance de clôture);
- de renseigner l'équipe de vérification au sujet des procédures en matière de santé et de sécurité et des procédures d'urgence;
- de répondre aux questions;
- d'établir un climat de confiance entre les deux groupes.

Les membres du personnel de l'entité vérifiée sont encouragés à participer activement à la vérification et à consigner leurs propres observations.

Le vérificateur en chef devrait également préciser alors les limites de la vérification – la principale limite étant le fait que l'examen est fondé sur des observations faites pendant une durée de temps limitée.

#### Effectuer une première visite sommaire

Il y a lieu d'organiser une première visite sommaire de l'installation pour le bénéfice exprès des membres de l'équipe de vérification qui ne la connaissent peut-être pas encore. En plus de contribuer à les orienter, cette visite permet de cerner les plus grands secteurs de préoccupation. Ces endroits peuvent être visités à nouveau pour des observations et un examen approfondis. Les zones dangereuses ou interdites aux visiteurs seront indiquées au passage durant la première visite.

Avant la visite, et durant la vérification comme telle par la suite, assurez-vous de porter de l'équipement de protection approprié (lunettes protectrices, chaussures, casques, protecteurs d'oreilles, appareils respiratoires, etc.).

### Vérifier l'installation conformément au plan établi

Les membres de l'équipe de vérification se dispersent avec leurs guides pour mener la vérification telle qu'elle a été planifiée. Les techniques courantes utilisées pour recueillir des éléments probants pour la vérification énergétique – entrevues, collectes de données objectives (registres) et observations – peuvent servir, dans le cadre de la vérification, de complément aux activités de mesure et à la consignation de données du vérificateur, selon les circonstances. À cette fin, il faut s'assurer que le personnel de l'établissement est disponible en cas de besoin.

La vérification devrait être effectuée dans les conditions normales d'exploitation. Toutefois, pour se renseigner sur le matériel toujours en marche ou les fuites dans les conduites d'air comprimé quand l'installation est vide, le vérificateur devrait visiter l'installation en dehors des heures de fonctionnement.

### Recueillir les données

Au cours des inspections, des entrevues et de l'examen des registres et des observations, les listes de contrôle servent à cerner les secteurs qui posent problème et les PGE. Ceux-ci devront être examinés plus attentivement ultérieurement, à l'occasion de vérifications diagnostiques plus détaillées.

### Effectuer les vérifications diagnostiques

Une ou des vérifications diagnostiques sont effectuées pour vérifier les données provenant des registres de l'usine et recueillir d'autre information par des observations détaillées et des discussions approfondies avec le personnel de l'usine. Elles peuvent également comprendre des demandes de démonstrations, la prise d'autres mesures et la consignation d'autres données. Cette collecte de données détaillées aide le vérificateur à détecter des écarts, des phénomènes transitoires et d'autres irrégularités opérationnelles. À partir de cette information, la consommation réalisable d'énergie par élément distinct de matériel ou de système peut être calculée « telle quelle ». Il s'agit de la situation réelle qui sera à la base de la justification et de la mise en œuvre subséquente de changements visant à améliorer l'efficacité énergétique.

### Analyser l'information, évaluer les résultats de la vérification, cerner les principales PGE

Vers la fin de la vérification, toute l'information recueillie dans le cadre de la vérification est examinée par le vérificateur, qui formule alors les observations et les résultats préliminaires. À titre d'équipe, sous les conseils du vérificateur en chef, un consensus est obtenu sur l'ébauche des principales conclusions, recommandations et PGE. Si c'est possible, une estimation brute des économies d'énergie devrait être précisée à cette étape.

### Examiner les PGE avec le représentant de l'entité vérifiée

À titre de dernier contrôle, les résultats de la vérification font l'objet d'une brève discussion avec le représentant désigné de l'entité vérifiée afin de parvenir à un accord. Il s'agit à la fois d'un geste de courtoisie et d'une mesure de gestion du temps qui réduira le temps de discussion nécessaire à la séance de clôture.

### Organiser une réunion de clôture

Cette étape met fin formellement au processus de vérification sur place, bien que d'autres activités se poursuivront par la suite. La séance de clôture est principalement une rencontre d'information qui consiste en la présentation des résultats et des conclusions de la vérification à l'équipe de gestion de l'installation. À la fin de cette réunion, les résultats obtenus devraient être clairement compris et reconnus. Il y a lieu également à cette étape de régler si possible les différends. L'équipe de gestion devrait maintenant avoir une image claire, bien que peu détaillée, des mesures à prendre pour améliorer l'efficacité énergétique des opérations.

## *1.4.4 Préparer le rapport*

### Mener une analyse et une évaluation détaillées

Souvent, lors des activités de vérification sur place, le vérificateur n'aura pas eu suffisamment de temps pour effectuer une analyse détaillée des données recueillies (rappelez-vous que la vérification sur place coûte cher). À ce stade du processus, les données recueillies durant les vérifications générales et diagnostiques servent à calculer la consommation et les pertes d'énergie du matériel et des systèmes. Le calcul de la valeur de cette énergie permet au vérificateur de produire des estimations plus exactes des économies escomptées dans le cadre d'un projet d'économie d'énergie. L'analyse des données d'inspections indiquera dans quels services le potentiel d'améliorations immédiates est le plus élevé. Une analyse coûts-avantages fondée sur les coûts futurs de l'énergie précisera les mérites de chacune des améliorations possibles et aidera à établir des priorités.

La méthode d'évaluation la plus simple du potentiel d'un projet consiste à calculer le délai de récupération du capital investi – soit les coûts globaux de réalisation du projet, divisés par les économies annuelles qui en découlent. Le résultat de ce calcul précise le nombre d'années requises avant que les économies réalisées au fil des ans équivalent au coût du projet.

Les indices d'intensité énergétique (c.-à-d., l'énergie consommée par unité de production) de l'ensemble de l'installation, de chaque service opérationnel et de chaque procédé important devraient être calculés trimestriellement ou mensuellement. Ils indiqueront les tendances défavorables relativement à la consommation d'énergie. En d'autres termes, ce processus constitue l'assise d'une gestion systématique de l'énergie.

### Formuler les conclusions et les recommandations, préparer le rapport provisoire et l'examiner avec le représentant de l'entité vérifiée

À cette étape du processus de vérification, le choix de PGE peut être confirmé et complété, assorti d'évaluations appropriées des coûts et des avantages. Les conclusions et les recommandations de la vérification peuvent maintenant être précisées et le rapport final, rédigé. Il faut prévoir des échanges sur le contenu du rapport avec le représentant de l'entité vérifiée afin de parvenir à un accord – pour les mêmes raisons que celles énoncées ci-dessus dans la section sur la réunion de clôture.

### Finaliser et distribuer le rapport de vérification

C'est maintenant seulement que le rapport de vérification peut être achevé, après quoi il peut être distribué au client et à l'entité vérifiée, conformément aux directives convenues.

## *1.4.5 Activités postérieures à la vérification – Améliorer l'efficacité énergétique*

Un processus de grande importance – la vérification énergétique – est maintenant terminé. Dès que possible à la suite de la vérification, l'équipe de gestion devrait examiner les résultats obtenus et décider de la ligne de conduite à suivre. À cette étape du processus, on est prêt à passer à l'action relativement aux PGE et à l'élaboration de nouveaux scénarios opérationnels. Suivront alors les étapes décrites dans la section 1.3, « Création et exécution d'un programme efficace de gestion de l'énergie », à la page 12.

## *1.4.6 Aide à la vérification*

Les sources suivantes d'information peuvent aider à mener à bien une vérification énergétique :

Energex est un outil logiciel mis au point par l'Université West Virginia, avec l'appui du Department of Energy (département de l'Énergie) des États-Unis. Il s'agit d'un complément utile au processus d'évaluation décrit dans le présent guide. Pour obtenir de l'information sur Energex, communiquez avec :

Dr. B. Gopalakrishnan
Assistant Director
Industrial Assessment Center
West Virginia University
P.O. Box 6070
Morgantown WV 26506-6070
USA

Téléphone : (304) 293-4607, poste 709
Télécopieur : (304) 293-4970

Le *Répertoire des logiciels de vérification du rendement énergétique 1997* est un excellent recueil d'information sur une centaine de progiciels de vérification énergétique, provenant de diverses sources internationales. Préparé par la Division des programmes des secteurs industriel, commercial et institutionnel de l'OEE, cet ouvrage donne des précisions sur les besoins relatifs aux fonctions et au matériel, les prix et les fournisseurs. Chaque aspect de la vérification énergétique est couvert à partir d'une multitude de points de vue. Les logiciels informatiques peuvent aider les vérificateurs à plus d'un titre dans leur travail, depuis la simulation de processus complexes jusqu'à l'analyse des données sur la consommation d'énergie pour cerner les tendances et les anomalies. Pour obtenir de l'information ou un exemplaire du répertoire, veuillez télécopier votre requête au (613) 947-4121.

### Autres sources d'aide

Souvent, le personnel de l'usine peut effectuer la vérification énergétique. Si tel n'est pas le cas, des consultants externes peuvent aider à cerner les occasions d'améliorer l'efficacité énergétique et d'économiser de l'argent. Certains des organismes suivants offrent d'autres programmes de soutien à la vérification énergétique :

- fournisseurs de gaz naturel;
- fournisseurs de mazout;
- services provinciaux d'électricité;
- services municipaux d'électricité;
- services privés d'électricité.

La plupart des fournisseurs d'énergie donnent également avis et conseils sur les vérifications détaillées de même que des renseignements sur les plus récentes technologies permettant d'améliorer l'efficacité énergétique et de réduire les émissions. Les ministères provinciaux et territoriaux de l'énergie et de l'environnement diffusent également de l'information sur l'amélioration de l'efficacité énergétique. Pour obtenir des précisions, voir la section 1.5 du présent guide, « Aide pour les programmes de gestion de l'énergie et d'amélioration environnementale », à la page 48.

## Liste de contrôle du mandat de vérification

Organisme : _____

Adresse : _____

Lieu de la vérification : _____

Objectif(s) de la vérification énergétique : _____

Portée et limites de la vérification : _____

Critères de vérification : _____

**Secteurs à examiner :**

- ☐ Ensemble des installations
- ☐ Bâtiments en particulier (description) : _____

  _____
- ☐ Services externes sur place :
  - ☐ Éclairage
  - ☐ Chauffage
  - ☐ Autres (description) : _____

    _____

Services particuliers :

- ☐ Chaufferie
- ☐ Systèmes de distribution
- ☐ Eau domestique et eau industrielle
- ☐ Réfrigération industrielle
- ☐ Activités de production et procédés (description) : _____

  _____
- ☐ Éclairage
- ☐ Électricité
- ☐ Chauffage, ventilation et climatisation
- ☐ Enveloppe du bâtiment
- ☐ Structures tarifaires

**Ressources :**

Personnel à l'interne :

- ☐ Personnel technique
- ☐ Personnel de bureau
- ☐ Autres (description) : _____

_____

☐ À l'externe :

- ☐ Consultants
- ☐ Entreprises de services publics
- ☐ Entreprises de services écoénergétiques
- ☐ Organismes gouvernementaux
- ☐ Entrepreneurs

Détails : _____

_____

**Matériel de mesure et de contrôle disponible**

Description : _____

_____

**Caractéristiques du bâtiment**

Vie utile restante de la structure du bâtiment : _____ années

Enveloppe : _____ années

Système CVC : _____ années

Cloisons : _____ années

Changements et rénovations planifiés (détails) : _____

_____

## État du bâtiment

Problèmes actuels :

- ☐ Confort
- ☐ Pannes
- ☐ Manque de capacité
- ☐ Apparence
- ☐ Bruit
- ☐ Autres (description) : _____

_____

## Données disponibles

Dessins :

- ☐ Aucun
- ☐ Quelques-uns
- ☐ Complets

Registres de production :

- ☐ Aucun
- ☐ Quelques-uns
- ☐ Complets

Registres de la consommation d'énergie :

- ☐ Aucun
- ☐ Quelques-uns
- ☐ Complets

## Besoins et souhaits – exploitation et investissement

- ☐ Économiser l'énergie
- ☐ Réduire la consommation de combustible (description) : _____

_____

- ☐ Réduire le nombre d'heures de fonctionnement des systèmes durant les périodes de demande de pointe
- ☐ Répondre à une charge accrue
- ☐ Imputer les coûts de l'énergie directement aux consommateurs
- ☐ Réduire les besoins relatifs aux systèmes d'opération manuelle
- ☐ Autres (description) : _____

_____

**Les recommandations découlant de la vérification seront-elles appliquées à d'autres bâtiments?**

☐ Oui

☐ Non

Expliquer : _____

_____

## Dates limites

Dates de la vérification : du _____ au _____

Date d'achèvement exigée : _____

Date de présentation des résultats préliminaires : _____

Date de présentation du rapport final : _____

Distribution du rapport : _____

## Mise en œuvre

Dates limites : Gestion interne _____

Dates limites : Faible coût _____

Limites financières _____

Dates limites : Rénovation _____

Limites financières _____

## Présentation du rapport

Degré de détail exigé : _____

Analyse financière requise : _____

Période de récupération acceptable : _____

## Avantages fiscaux

Détails : _____

_____

## Subventions disponibles

Détails : _____

_____

## Ententes

Représentant de l'organisme (nom, titre, signature) :

_____

Date : _____

Vérificateur en chef (nom, titre, signature) :

_____

Date : _____

## 1.5 Aide pour les programmes de gestion de l'énergie et d'amélioration environnementale

Les industries qui veulent évaluer et améliorer l'efficacité énergétique de leurs activités peuvent obtenir de l'aide de plusieurs sources, notamment du PEEIC (par l'OEE de RNCan), des autres organismes fédéraux et provinciaux, des services publics, des sociétés d'ingénierie et des fournisseurs de matériel.

La présente section donne une brève description des types d'aide offerte actuellement, de même que les coordonnées de personnes-ressources de qui obtenir d'autres renseignements et services de formation (données mises à jour en mars 2002).

### Activités du gouvernement du Canada

*Ressources naturelles Canada*

RNCan a consolidé ses programmes relatifs à l'efficacité énergétique et aux sources d'énergie de remplacement au sein de l'OEE le 1er avril 1998. Au nombre des 17 programmes d'efficacité énergétique de l'OEE, les initiatives suivantes visent spécifiquement l'efficacité énergétique de l'industrie :

- Programme d'économie d'énergie dans l'industrie canadienne (PEEIC);
- Initiative des Innovateurs énergétiques industriels.

Le Programme de l'efficacité énergétique dans l'industrie de l'OEE, qui chapeaute ces initiatives, est un programme à participation volontaire, dirigé par l'industrie, visant une plus grande efficacité énergétique dans l'industrie canadienne de la production de biens.

Le Programme de l'efficacité énergétique dans l'industrie de l'OEE a publié une série de guides portant sur les possibilités d'efficacité énergétique dans diverses industries. À ce jour, des guides ont été publiés pour les industries suivantes : les produits laitiers, le caoutchouc, les brasseries, les alumineries, les produits en bois massif, la chaux, le ciment, les appareils de chauffage, les chaudières et les pâtes et papiers.

Ces guides contiennent des renseignements à jour sur les mesures d'économies d'énergie et des listes de contrôle pour les vérifications. Il s'agit d'une excellente source d'aide pour établir un programme de gestion de l'énergie. On peut se les procurer auprès de l'association industrielle concernée ou auprès de l'OEE. Par ailleurs, des analyses comparatives parrainées par l'OEE pour les industries laitière, du ciment et des pâtes et papiers sont actuellement disponibles.

Les manuels techniques de la Série de gestion de l'énergie, que l'on peut se procurer auprès de l'OEE, portent sur la consommation d'énergie, l'amélioration de l'efficacité énergétique et la récupération d'énergie dans tous les secteurs d'activité industrielle. Chaque manuel contient des fiches de travail fort utiles permettant de calculer la consommation et les économies d'énergie pour certains projets précis. Des exemples de fiches de travail remplies montrent comment les utiliser.

Certains de ces manuels ont été produits dans les années 1980, et il y a eu de nombreuses percées technologiques depuis; toutefois, les principes de la gestion de l'énergie sont toujours les mêmes et les manuels demeurent pratiquement toujours fort utiles. Voir dans la préface à la page vi du présent guide la liste des manuels et les coordonnées des personnes-ressources.

*Programme d'économie d'énergie dans l'industrie canadienne (PEEIC)*

Le PEEIC, qui reçoit un financement de base et un soutien administratif de l'OEE de RNCan, donne à l'industrie un mécanisme pour obtenir les types d'aide suivants :

- établir des objectifs d'amélioration de l'efficacité énergétique pour chaque secteur et sous-secteur;
- publier des rapports sur les réalisations relatives à l'amélioration de l'efficacité énergétique;
- encourager la mise en œuvre de plans d'action au niveau des sous-secteurs;
- favoriser la synergie entre les entreprises d'un même secteur au moyen du groupe de travail sectoriel pertinent;
- fournir un mécanisme permettant aux organismes (tel RNCan) d'être tenus au courant des recommandations formulées par les groupes de travail sur les programmes et les pratiques d'efficacité énergétique au niveau des sous-secteurs et d'y donner suite;
- obtenir des engagements auprès de Mesures volontaires et Registre inc. du Défi-climat canadien (MVR inc.) de la part des entreprises participant à l'Initiative des Innovateurs énergétiques industriels pour réaliser des activités visant une efficacité énergétique accrue;
- offrir aux responsables de la gestion de l'énergie des outils favorisant les échanges d'expertise et les aidant à contribuer à l'établissement et à l'atteinte d'objectifs d'efficacité énergétique pour leur secteur et leur entreprise;
- effectuer des analyses comparatives sectorielles.

Pour obtenir de l'information sur l'historique du PEEIC ou des précisions sur ses activités actuelles, voir la section 1.2 à la page 8.

*Innovateurs énergétiques industriels (IEI)*

L'IEI est un programme à participation volontaire visant à encourager les entreprises dans leurs efforts pour améliorer leur efficacité énergétique et passer à l'action relativement aux changements climatiques. Lorsque le président ou le PDG d'une entreprise signe une lettre d'engagement en vue de prendre des mesures d'économie d'énergie, RNCan inscrit cette entreprise au nombre des Innovateurs énergétiques industriels. L'entreprise participante s'engage entre autres à se fixer et à atteindre un objectif d'amélioration de l'efficacité énergétique ou à entreprendre un processus pour établir des objectifs et dresser un plan d'action, à nommer un champion de l'efficacité énergétique, à assurer le suivi de ses activités visant une efficacité énergétique accrue et à présenter un rapport annuel sur les résultats obtenus. RNCan offre aux Innovateurs inscrits

des services de soutien, comme des ateliers sur la gestion de l'énergie, des séminaires sur les nouvelles technologies et pratiques d'exploitation, des guides sectoriels sur l'efficacité énergétique, l'accès à un réseau international d'information technique, une trousse de sensibilisation des employés et des bulletins d'information sur la gestion de l'énergie.

Pour obtenir de plus amples informations sur le PEEIC et les Innovateurs énergétiques industriels, communiquez avec :

Philip B. Jago
Chef, Efficacité énergétique dans l'industrie
Office de l'efficacité énergétique
Ressources naturelles Canada
580, rue Booth, 18e étage
Ottawa (Ontario) K1A 0E4
Téléphone : (613) 995-6839
Télécopieur : (613) 947-4121
Courriel : pjago@rncan.gc.ca

En plus de l'OEE, la Direction de la technologie de l'énergie de RNCan offre également des programmes visant à favoriser le développement de l'efficacité énergétique. Ils sont présentés ci-après.

### *Centre de la technologie de l'énergie de CANMET (CTEC)*

Le CTEC œuvre de concert avec l'industrie, les associations industrielles et professionnelles, les services publics, les universités et les autres ordres de gouvernement en vue du développement et de l'adoption de techniques de pointe dans les domaines de l'efficacité énergétique résidentielle, commerciale et industrielle ainsi que les domaines des énergies de remplacement, renouvelables ou liées au transport. Le CTEC fait preuve de leadership dans ces sphères de technologie énergétique grâce à des programmes de tarification après service et de partage des coûts. Parmi ses programmes figurent les deux suivants :

- Programme des nouvelles techniques;
- Programme de recherche et de développement énergétiques dans l'industrie.

Ces programmes sont détaillés dans la section « Programmes – Financement » à l'adresse Web http://www.rncan.gc.ca/se/etb/cetc/cetchome.htm.

### *Programme des nouvelles techniques (PNT)*

Le PNT aide les industries à découvrir et à mettre au point de nouvelles techniques prometteuses en vue de réduire la consommation d'énergie, de limiter les émissions de gaz à effet de serre, d'améliorer la compétitivité des industries manufacturières et de réduire l'incidence environnementale des procédés de fabrication. Grâce à ses alliances avec ses partenaires des secteurs public et privé, dont les autres ordres de gouvernement, et des entreprises de services publics, le PNT appuie des études sectorielles, des évaluations de technologie, des essais de techniques en conditions

réelles et des activités de recherche-développement (R-D). Les contributions sont remboursables à même les recettes des entreprises ou les économies réalisées dans le cadre de projets réussis. Le PNT aide également les entreprises à se prévaloir de la déduction pour amortissement de 30 p. 100 relative au matériel permettant d'économiser l'énergie et faisant appel aux énergies renouvelables.

**Études sectorielles :** Les études sectorielles cernent les technologies énergétiques établies, nouvelles et émergentes propres à des secteurs industriels particuliers et les classe selon leurs mérites relatifs :

- à l'amélioration de la productivité;
- à l'amélioration de l'efficacité énergétique;
- à la réduction de l'incidence environnementale de la production et de la consommation d'énergie.

Le classement issu d'une étude sectorielle devrait constituer le point de départ des activités de R-D de ce secteur pour les 20 prochaines années. Voir à l'annexe C à la page 203 une liste d'études actuellement disponibles qui ont été réalisées sur certains secteurs industriels.

**Évaluations technologiques :** L'évaluation technologique est une analyse détaillée d'un projet de R-D particulier. Elle décrit les éventuels avantages énergétiques, incidences environnementales, marchés et coûts de la mise en œuvre de la technique à l'étude, et précise les activités de R-D et les participants requis afin que cette technique soit acceptée commercialement. Voir à l'annexe C à la page 203 la liste des fiches d'évaluation technologique actuellement disponibles.

**Activités de R-D subséquentes :** Font partie des activités de R-D subséquentes le développement et l'essai de produits et de procédés visés par les évaluations technologiques, à l'aide de prototypes ou d'usines pilotes.

**Essais techniques en conditions réelles :** Les essais en conditions réelles portent sur les technologies et les techniques prometteuses qui n'ont pas encore été exploitées ou éprouvées au Canada. Des fiches d'information donnant un résumé des résultats obtenus sont diffusées à toutes les parties intéressées. Voir à l'annexe C à la page 203 la liste des fiches d'information actuellement disponibles.

Pour obtenir de plus amples informations ou pour discuter d'une initiative possible dans votre secteur, communiquez avec :

Norman Benoit
Gestionnaire de programme
Programme des nouvelles techniques
Centre de la technologie de l'énergie de CANMET
1, promenade Haanel
Nepean (Ontario) K1A 1M1
Téléphone : (613) 996-6165
Télécopieur : (613) 995-7868
Courriel : nbenoit@rncan.gc.ca

*Programme de recherche et de développement énergétiques dans l'industrie (PRDEI)*

Le PRDEI appuie les entreprises canadiennes qui mènent des travaux de R-D consacrés à l'efficacité énergétique. Il vise plus particulièrement à stimuler le développement de produits, de procédés ou de systèmes qui améliorent le rendement énergétique dans les milieux industriels. Le PRDEI consent généralement une aide sous forme de prêts pouvant atteindre 50 p. 100 du coût d'un projet, remboursables lorsque le produit ou le procédé en question est lancé sur le marché. Pour savoir si un projet est admissible à l'aide du PRDEI ou pour obtenir des précisions sur la présentation d'une demande d'aide ou encore des renseignements généraux sur le Programme, communiquez avec :

Jacques Guérette
Gestionnaire de programme
Secrétariat du PRDEI
Ressources naturelles Canada
1, promenade Haanel
Nepean (Ontario) K1A 1M1
Téléphone : (613) 943-2261
Télécopieur : (613) 995-7868
Courriel : jguerett@rncan.gc.ca

## Activités des gouvernements provinciaux et territoriaux

Vous trouverez ci-dessous une liste de fonctionnaires provinciaux et territoriaux responsables de l'exécution de programmes visant à promouvoir l'efficacité énergétique au niveau des secteurs industriels, des sous-secteurs et des entreprises.

S'il y a lieu, de l'information sur les programmes ou d'autres types d'aide sont fournis pour préciser le genre et l'éventail de programmes actuellement offerts. Veuillez communiquer avec les personnes-ressources indiquées pour obtenir des renseignements à jour.

Remarque : Aucun effort n'a été épargné afin d'obtenir l'information personne-ressource la plus à jour possible.

*Alberta*

Andy Ridge
Senior Analyst, Climate Change Group
Alberta Department of Environment
North Petroleum Plaza, 14e étage
9945, 108e Rue
Edmonton (Alberta) T5K 2G6

Téléphone : (403) 422-7862
Télécopieur : (403) 427-2278
Courriel : andy.ridge@gov.ab.ca

L'efficacité énergétique et la promotion de l'utilisation durable de l'énergie sont au premier plan des initiatives de ce groupe, qui offre une aide technique et de la formation et peut mettre au point des programmes pertinents.

*Colombie-Britannique*

Denise Mullen-Dalmer
Director, Electricity Development Branch
Economic Development Division
Ministry of Employment and Investment
4-1810, rue Blanshard
Victoria (Colombie-Britannique) V8W 9N3

Téléphone : (250) 952-0264
Télécopieur : (250) 952-0258
Courriel : denise.mullendalmer@gems1.gov.bc.ca

Aucun programme d'aide destiné à l'industrie n'est actuellement offert.

*Manitoba*

Terry E. Silcox
Conseiller technique
Manitoba Conservation
1395, avenue Ellice, bureau 360
Winnipeg (Manitoba) R3G 3P2

Téléphone : (204) 945-2035
Télécopieur : (204) 945-0586
Courriel : tsilcox@em.gov.mb.ca

Le Service consultatif technique de Conservation Manitoba offre des conseils et de l'information technique, et diffuse des brochures et d'autres publications aux secteurs industriel, commercial et institutionnel. Aucune subvention ou remise n'est versée par ce programme. Sa base de données sur les vérifications énergétiques contient également un peu d'information accessible.

*Nouveau-Brunswick*

Darwin Curtis
Directeur
Division des minéraux et de l'énergie
Ministère des Ressources naturelles et de l'Énergie du Nouveau-Brunswick
Case postale 6000
Fredericton (Nouveau-Brunswick) E3B 5H1

Téléphone : (506) 453-3720
Télécopieur : (506) 453-3671
Courriel : dcurtis@gov.nb.ca

*Terre-Neuve-et-Labrador*

Brian Maynard
Assistant Deputy Minister
Department of Mines and Energy
Case postale 8700
St. John's (Terre-Neuve-et-Labrador)
A1B 4J6

Téléphone : (709) 729-2349
Télécopieur : (709) 729-2871
Courriel : bmaynard@dnr.gov.nf.ca

*Territoires du Nord-Ouest*

Lloyd Henderson
Manager, Energy Programs Branch
Resources, Wildlife and Economic Development
Gouvernement des Territoires du Nord-Ouest
5102, 50e Avenue, bureau 600
Yellowknife (Territoires du Nord-Ouest)
X1A 3S8

Téléphone : (867) 873-7758
Télécopieur : (867) 873-0221
Courriel : lloyd_henderson@gov.nt.ca

RWED participe au financement de l'Arctic Energy Alliance (AEA), un organisme qui aide les consommateurs d'énergie à réduire leur consommation d'énergie ainsi que les dépenses et les incidences environnementales qui y sont associées. Pour le compte de ce ministère, l'AEA assure l'exécution d'un programme de gestion de l'énergie qui s'adresse entre autres à l'industrie. Ce programme prévoit des évaluations, des vérifications énergétiques et une aide pour sensibiliser le public.

Rob Marshall
Executive Director, Arctic Energy Alliance
5102, 50e Avenue, bureau 205
Yellowknife (Territoires du Nord-Ouest)
X1A 3S8

Téléphone : (867) 920-3333
Télécopieur : (867) 873-0303
Courriel : marshall@aea.nt.ca

*Nouvelle-Écosse*

Scott McCoombs
Energy Engineer
Nova Scotia Department of Natural Resources
Case postale 698
Halifax (Nouvelle-Écosse) B3J 2T9

Téléphone : (902) 424-7305
Télécopieur : (902) 424-7735
Courriel : srmccoombs@gov.ns.ca

*Ontario*

John Rinella
Conseiller en matière d'efficacité
Division de l'énergie
Ministère de l'Énergie, des Sciences et de la Technologie
880, rue Bay, 3e étage
Toronto (Ontario) M7A 2C1

Téléphone : (416) 325-7064
Télécopieur : (416) 325-7023
Courriel : rinelljo@est.gov.on.ca

Nick Markettos
Gestionnaire, Sensibilisation et innovation en matière de sciences et de technologie
Ministère de l'Énergie, des Sciences et de la Technologie
56, rue Wellesley Ouest, 11e étage
Toronto (Ontario) M7A 2E7

Téléphone : (416) 314-2527
Télécopieur : (416) 314-8224
Courriel : marketni@est.gov.on.ca

Gabriela Teodosiu
Gestionnaire, Services technologiques environnementaux
Ministère de l'Environnement
Gouvernement de l'Ontario
2, avenue St. Clair Ouest, 14e étage
Toronto (Ontario) M4V 1L5

Téléphone : (416) 327-1253
Télécopieur : (416) 327-1261
Courriel : teodosga@ene.gov.on.ca
Site Web : www.ene.gov.on.ca

*Île-du-Prince-Édouard*

Mike Proud
Energy Information Officer
Energy and Minerals Branch
Prince Edward Island Economic
Development and Tourism
Case postale 2000
Charlottetown (Île-du-Prince-Édouard)
C1A 7N8

Téléphone : (902) 368-5019
Télécopieur : (902) 368-6582
Courriel : mpproud@gov.pe.ca

*Québec*

Line Drouin
Directrice des programmes
Agence de l'efficacité énergétique
Ministère des Ressources naturelles
5700, 4e Avenue Ouest, bureau B-405
Charlesbourg (Québec) G1H 6R1

Téléphone : (418) 627-6379
Télécopieur : (418) 643-5828
Courriel : line.drouin@aee.gouv.qc.ca

Au nombre des programmes offerts aux consommateurs industriels, mentionnons celui visant à promouvoir l'efficacité énergétique au Québec, source d'aide professionnelle et de financement pouvant atteindre 50 p. 100 du coût de projets d'efficacité énergétique admissibles en vue du développement durable de la province.

*Saskatchewan*

Howard Loseth
Energy Conservation Engineer
Energy Development Branch
Saskatchewan Energy and Mines
2101, rue Scarth
Regina (Saskatchewan) S4P 4V4

Téléphone : (306) 787-3379
Télécopieur : (306) 787-2333
Courriel : howard.loseth@sem.gov.sk.ca

Ce ministère offre seulement de l'information générale et technique.

*Territoire du Yukon*

Scott Milton
Analyste de la gestion de l'énergie
Ministère de l'Expansion économique
Gouvernement du Yukon
Case postale 2703
Whitehorse (Yukon) Y1A 2C6

Téléphone : (867) 667-5387
Télécopieur : (867) 667-8601
Courriel : scott.milton@gov.yk.ca

Robert Collins
Analyste des ressources énergétiques
Ministère de l'Expansion économique
Gouvernement du Yukon
Case postale 2703
Whitehorse (Yukon) Y1A 2C6

Téléphone : (867) 667-5015
ou 1 800 661-0408 à l'intérieur du Yukon
Télécopieur : (867) 667-8601
Courriel : bob.collins@gov.yk.ca

Une publication qui énumère les programmes offerts à l'industrie est maintenant offerte. Elle contient entre autres de l'information sur la politique de soutien de l'infrastructure du Yukon, les prêts consentis pour le développement des ressources et les programmes de gestion de l'énergie (y compris les contributions financières), les services de formation (offerts entre autres aux vérificateurs) et un grand nombre d'autres programmes d'intérêt pour l'industrie.

## Associations et services publics

*Services d'électricité*

Vous trouverez dans la liste des programmes énumérés ci-dessous l'aide offerte par les services d'électricité au moment de la rédaction du présent guide. Pour vous renseigner sur l'aide offerte dans votre région, communiquez avec votre service d'électricité (voir la liste de personnes-ressources et d'adresses ci-après). Cette liste, de même que l'information sur les programmes d'aide, a été mise à jour le cas échéant.

Remarque : Aucun effort n'a été épargné afin d'obtenir l'information personne-ressource la plus à jour possible.

**Programmes d'électrotechnologie :** Les services d'électricité incitent certains grands clients industriels à adopter de nouvelles électrotechnologies à haut rendement, comme les micro-ondes, les variateurs de vitesse, le chauffage et le séchage par haute fréquence et le traitement thermique par infrarouge. Ils visent ainsi à favoriser l'innovation technologique en partageant le risque d'investissement avec leurs clients. Certains services consentent des prêts pour la démonstration initiale d'électrotechnologies ou pour de nouvelles applications de technologies établies.

**Séminaires de sensibilisation à l'énergie :** Nombre de services d'électricité proposent des séminaires sur des sujets d'intérêt pour l'industrie dans le domaine de la gestion de l'énergie et offrent également des programmes d'efficacité énergétique.

**Vérifications énergétiques :** Les services publics organisent des inspections de vérification d'installations industrielles pour indiquer à leurs clients les endroits où il serait possible de réduire la demande d'électricité. Ils présentent parfois des études de cas.

**Tarification en vertu de contrats de puissance interruptible :** Un service d'électricité peut offrir des tarifs réduits aux clients qui peuvent s'adapter à une réduction de l'approvisionnement en électricité durant les périodes de demande de pointe. Divers tarifs peuvent être proposés, selon la durée pendant laquelle le client accepte de réduire sa demande. De tels tarifs permettent aux industries d'économiser jusqu'à 30 p. 100 des coûts liés à la demande.

**Tarification selon l'heure :** Les tarifs axés sur l'heure de consommation encouragent les grands clients industriels à réduire leur consommation d'électricité durant les périodes de demande de pointe, par exemple en utilisant les procédés qui consomment plus d'énergie durant le quart de nuit.

**Tarification en temps réel :** Un service d'électricité peut aider les grands consommateurs à réduire leurs coûts en transférant l'ensemble ou une partie de leur charge aux périodes où le coût de production d'électricité est relativement bas. Dans le cadre d'un tel programme de tarification, le service d'électricité indique habituellement les prix propres à chaque heure un jour à l'avance.

**Programmes de prix pour l'efficacité énergétique dans le secteur industriel :** Certains services d'électricité ont mis sur pied des programmes pour reconnaître les industries qui ont grandement amélioré leur efficacité énergétique. Grâce à de tels programmes de promotion, ils sensibilisent les parties intéressées au matériel éconergétique, aux électrotechnologies et aux techniques de gestion de l'énergie.

**Associations industrielles provinciales :** Dans plusieurs provinces, les entrepreneurs, les fournisseurs de matériel et d'autres organismes de l'industrie électrique ont formé des associations pour offrir avis, conseils, appui technique et services de formation propres à ce secteur d'activité.

**PowerSmart® Inc. :** En tant qu'initiative des services d'électricité de la Colombie-Britannique, du Manitoba et de Terre-Neuve, PowerSmart® offre nombre de programmes et de produits, selon la localité (voir les précisions ci-dessous).

*Alberta*

Dave Hunka
Directeur de programme, EnVest℠
EPCOR
10065, avenue Jasper, 9e étage
Edmonton (Alberta) T5J 3B1

Téléphone : (780) 412-3044
Télécopieur : (780) 412-3384
Courriel : dhunka@epcor.ca

En 1997, EPCOR a lancé EnVest℠, un programme complet en trois étapes pour économiser l'énergie et l'eau, et conçu spécialement pour les installations industrielles et commerciales. Il débute par une vérification détaillée d'installations pour cerner les occasions de réduire les coûts des services d'eau, de gaz naturel et d'électricité. La mise en œuvre des recommandations issues de la vérification constitue la seconde étape. EnVest℠ offre des services de gestion de projet. L'étape finale du programme consiste en une formule de financement pour la réalisation de projets visant à réduire les coûts d'approvisionnement en eau et en énergie.

Mark Antoniuk
Directeur de programme, ATCO Energy Sense
ATCO Gas
1052, Dixième Rue Sud-Ouest
Calgary (Alberta) T2R 0G3

Téléphone : (403) 310-7283
Télécopieur : (403) 245-7784
Courriel : energysense@atco.com

ATCO Gas offre les programmes suivants :

- publications sur l'efficacité énergétique – y compris des guides sur de nombreuses technologies éconergétiques associées entre autres à l'éclairage, aux moteurs et aux compresseurs;
- programme d'évaluation de l'efficacité énergétique – un service sans frais, comprenant une inspection des installations, un rapport écrit contenant des recommandations et la fourniture d'outils précis pour aider le client à déterminer les coûts d'exploitation du matériel et les possibilités d'économies;
- services de formation;
- prêt d'outils et de matériel – comme des compteurs pour l'éclairage et des enregistreurs de données pour les charges – aux clients qui veulent effectuer eux-mêmes des essais.

*Colombie-Britannique*

Grad Ilic, ingénieur
Power Smart Technology Centre
BC Hydro
4555, Kingsway, bureau 900
Burnaby (Colombie-Britannique) V5H 4T8

Téléphone : (604) 453-6455
Télécopieur : (604) 453-6285
Courriel : grad.ilic@bchydro.com
Site Web : http://www.bchydro.bc.ca

Carmelina Sorace
Directrice, Secteur de programme
Business Development and Management
Public Affairs and Power Smart
BC Hydro
4555, Kingsway, bureau 900
Burnaby (Colombie-Britannique) V5H 4T8

Téléphone : (604) 453-6442
Télécopieur (604) 453-6285
Courriel : carmelina.sorace@bchydro.com
Site Web : http://www.bchydro.com/business

Les programmes Power Smart peuvent aider les entreprises à économiser énergie et argent. Voici quelques programmes offerts :

Déceler des possibilités d'économiser de l'énergie :

- Des guides techniques détaillés en ligne portant sur les technologies éconergétiques, des ateliers et des sessions de formation sur les méthodes d'efficacité énergétique et le catalogue en ligne – un moyen unique de repérer les produits éconergétiques en ligne.

Déterminer les économies d'énergie :

- Des programmes et des outils sont offerts aux entreprises afin qu'elles puissent déterminer leur consommation d'énergie, assortis de recommandations démontrant des possibilités d'économie d'énergie.

Mettre en œuvre des projets visant l'économie d'énergie :

- Alliance Power Smart – ce programme met les clients en rapport avec des entrepreneurs qualifiés et des ingénieurs qui peuvent les aider à choisir, installer et entretenir des systèmes énergétiques.
- Programme de partenariat Power Smart – ce programme s'adresse aux clients qualifiés qui se sont engagés à réduire leur consommation d'énergie. Il ouvre la voie au financement de contrepartie et à des ressources pédagogiques afin de les aider à mettre en œuvre des projets visant l'économie d'énergie.

Pour obtenir des renseignements supplémentaires sur les initiatives et les programmes actuels de Power Smart, composez le (614) 453-6400 (Lower Mainland); 1 866 453-6400 (ailleurs au pays); ou visitez le site Web à l'adresse http://www.bchydro.com/business.

*Manitoba*

Brian Gaber
Coordonnateur, Gestion de l'énergie
Manitoba Hydro
223, avenue James
Winnipeg (Manitoba) R3B 3L1

Téléphone : (204) 986-2339
Télécopieur : (204) 942-7804
Courriel : bgaber@city.winnipeg.mb.ca

Manitoba Hydro offre un service gratuit d'information par l'intermédiaire du programme PowerSmart®. Aucune remise n'est offerte.

Gerry Rose
Vice-président, Services à la clientèle et marketing
Hydro-Manitoba
C.P. 815
Winnipeg (Manitoba) R3C 2P4

Téléphone : (204) 474-3341
Télécopieur : (204) 452-3976
Courriel : gwrose@hydro.mb.ca

Dave Thomas
Directeur, Services à la clientèle
Manitoba Hydro
223, avenue James
Winnipeg (Manitoba) R3B 3L1

Téléphone : (204) 986-2214
Télécopieur : (204) 942-7804

*Nouveau-Brunswick*

George Dashner
Spécialiste, Gestion de l'énergie
Société d'énergie du Nouveau-Brunswick
Case postale 2000
Fredericton (Nouveau-Brunswick) E3B 4X1

Téléphone : (506) 458-3285
Télécopieur : (506) 458-4000
Courriel : gdashner@nbpower.com

Blair Kennedy
Directeur, Commerce de gros, comptes de fabrication et commerciaux
Société d'Énergie du Nouveau-Brunswick
Case postale 2000
Fredericton (Nouveau-Brunswick) E3B 4X1

Téléphone : (506) 458-3131
Télécopieur : (506) 458-4223
Courriel : bkennedy@nbpower.com

Mike Keays
Spécialiste des comptes
Société d'Énergie du Nouveau-Brunswick
Case postale 2000
Fredericton (Nouveau-Brunswick) E3B 4X1

Téléphone : (506) 458-4252
Télécopieur : (506) 458-4223
Courriel : mkeays@nbpower.com

*Terre-Neuve-et-Labrador*

Al Ballard
Directeur, Services à la clientèle
Newfoundland and Labrador Hydro
Case postale 12400
St. John's (Terre-Neuve-et-Labrador)
A1B 4K7

Téléphone : (709) 737-1754
Télécopieur : (709) 737-1902
Courriel : al_ballard/nlhydro@nlh.nf.ca

David Woolridge
Spécialiste des services à la clientèle
Newfoundland Power
Case postale 8910
St. John's (Terre-Neuve-et-Labrador)
A1B 3P6

Téléphone : (709) 737-5650
Télécopieur : (709) 737-2903
Courriel : dwoolrid@newfoundlandpower.com

*Nouvelle-Écosse*

Bob Boutilier
Industrial Market Management
Nova Scotia Power Inc.
Case postale 910
Halifax (Nouvelle-Écosse) B3J 2W5

Téléphone : (902) 428-6531
Télécopieur : (902) 428-6066
Courriel : bob.boutilier@nspower.ca
Site Web : http://www.nspower.ca

Zak van Vuren
Industrial Market and Technical Analysis
Nova Scotia Power Inc.
Case postale 910
Halifax (Nouvelle-Écosse) B3J 2W5

Téléphone : (902) 428-6137
Télécopieur : (902) 428-6066
Courriel : zak.vanvuren@nspower.ca
Site Web : http://www.nspower.ca

*Territoires du Nord-Ouest*

Gerd Sandrock, P.Eng.
Director, Engineering
Northwest Territories Power Corporation
4, promenade Capital
Hay River (Territoires du Nord-Ouest)
X0E 1G2

Téléphone : (867) 874-5276
Télécopieur : (867) 874-5286
Courriel : gsandrock@ntpc.com

Rob Marshall
Executive Director
Arctic Energy Alliance
205-5102, 50e Avenue
Yellowknife (Territoires du Nord-Ouest)
X1A 3S8

Téléphone : (867) 920-3333
Télécopieur : (867) 873-0303
Courriel : marshall@aea.nt.ca

*Ontario*

Scott Rouse
Directeur, Efficacité énergétique
Ontario Power Generation Inc.
700, avenue University, 19e étage
Toronto (Ontario) M5G 1X6

Téléphone : (416) 592-8044
Télécopieur : (416) 592-4841
Courriel : srouse@opg.com

De l'information à jour sur l'efficacité énergétique est diffusée à l'adresse www.energy-efficiency.com.

Dean Jordan
Ontario Hydro Energy
Directeur du marketing commercial et industriel
8177, chemin Torbram, 2e étage
Brampton (Ontario) L6T 5C5
Téléphone : (905) 458-3114
Télécopieur : (905) 458-3148
Cellulaire : (416) 523-6990

*L'ensemble des services d'Ontario Hydro Energy*

La société Ontario Hydro Energy est résolue à nouer des relations d'affaires susceptibles d'augmenter la compétitivité et de maximiser la valeur des services liés à l'électricité, au gaz naturel et à l'eau. Son objectif principal est d'offrir des programmes complets de gestion des services publics qui touchent le marché des immeubles résidentiels à logements multiples ainsi que les marchés commerciaux et industriels à la grandeur de l'Ontario et du Canada. Ses services ont été stratégiquement conçus de façon à réduire les coûts des services publics et les coûts de fonctionnement des bâtiments tout en augmentant la valeur du portefeuille de ses clients lorsque c'est possible. Ses services répondent à tous les besoins préliminaires d'analyses et d'ingénierie, d'études reliées à l'installation d'équipement, au financement de projets ainsi qu'au contrôle et à la vérification des projets après leur réalisation et ce, à des niveaux exceptionnels de détails.

**PowerSelect**

Ce service consiste à exécuter sur place une analyse de la qualité de l'énergie et à recommander des moyens d'assurer la protection de la puissance. PowerSelect fournira l'équipement nécessaire tel qu'un système d'alimentation sans coupure (UPS), un générateur auxiliaire d'urgence, des appareils de correction du facteur de puissance, des limiteurs de surtension, des conditionneurs d'énergie ainsi que des régulateurs de tension.

**MeterSelect**

La société MeterSelect offre des services qui aident les clients à déterminer et à gérer leur consommation d'énergie en temps réel. Les nouveaux compteurs intelligents peuvent permettre la collecte de données en un point unique pour un ensemble de points de mesure (p. ex., la consommation d'électricité, de gaz, d'eau et la température). MeterSelect évalue les besoins, recommande des appareils de mesure et gère l'achat et l'installation des produits de mesure nécessaires. MeterSelect offre également un service de contrôle et de vérification indépendant afin de valider les contrats d'approvisionnement et d'exécution des services éconergétiques.

**Solutions personnalisées**

Ce programme est conçu de façon à assurer que les clients utilisent l'énergie de façon optimale grâce à des solutions d'ingénierie qui permettent de réduire les coûts de fonctionnement et de faciliter la rénovation des infrastructures. Il peut comprendre la mise en œuvre d'améliorations des systèmes de CVC, de l'éclairage, des appareils de commande, de l'enveloppe des bâtiments et des systèmes de

consommation d'eau. Il offre des services de vérification, d'études de faisabilité, d'achat et d'installation d'équipement qui permettent de s'assurer que les installations fonctionnent efficacement. Des options de financement telles que des garanties d'exécution et des études de faisabilité dont l'objectif est de vérifier les calculs d'économie d'énergie sont également offerts.

*Île-du-Prince-Édouard*

Angus Orford
Manager, Marketing and Corporate Communications
Maritime Electric Company Limited
Case postale 1328
Charlottetown (Île-du-Prince-Édouard)
C1A 7N2

Téléphone : (902) 629-3628
Télécopieur : (902) 629-3665
Courriel : orford@maritimeelectric.com

*Québec*

Ronald Martineau
Chef, Mise en marché
Hydro-Québec
1010, rue Sainte-Catherine Ouest, 9e étage
Montréal (Québec) H3C 4S7

Téléphone : (514) 392-8000, poste 8471
Télécopieur : (514) 392-8806
Courriel : martineau.ronald@hydro.qc.ca

Nicolas Nadeau
Mise en marché
Distribution et Services à la clientèle
Hydro-Québec
1010, rue Sainte-Catherine Ouest, 7e étage
Montréal (Québec) H3C 4S7

Téléphone : (514) 392-8000, poste 8107
Télécopieur : (514) 392-8546
Courriel : nicolas.nadeau@hydro.qc.ca

Hydro-Québec offre une aide à la mise en œuvre de projets électrotechnologiques, y compris une aide permettant de cerner et de choisir la technologie électrique la plus efficace répondant aux besoins du client. Ce service est gratuit et une aide financière peut être obtenue.

Jean Bertin-Mahieux
Hydro-Québec
1010, rue Sainte-Catherine Ouest, 7e étage
Montréal (Québec) H3C 4S7

Téléphone : (514) 392-8000, poste 8163
Télécopieur : (514) 392-8045
Courriel : jean.bertin-mahieux@hydro.qc.ca

Le service d'étude de la compatibilité électromagnétique aide le client à cerner la source de distorsion du signal électrique dans son installation et propose une solution au problème. Des frais peuvent être perçus pour ce service.

*Saskatchewan*

Randy Graham
Manager, Key Accounts
SaskPower
2025, avenue Victoria
Regina (Saskatchewan) S4P 0S1

Téléphone : (306) 566-2832
Télécopieur : (306) 566-3305
Courriel : rgraham@saskpower.sk.ca

*Territoire du Yukon*

John Maissan
Directeur, Services techniques
Société d'énergie du Yukon
Case postale 5920
Whitehorse (Yukon) Y1A 5L6

Téléphone : (867) 667-8119
Télécopieur : (867) 393-6353
Courriel : john.maissan@yec.yk.ca

Steve Savage
Manager, Customer Service
The Yukon Electrical Company Limited
Case postale 4190
Whitehorse (Yukon) Y1A 3T4

Téléphone : (867) 633-7034
Télécopieur : (867) 633-5797
Courriel : steve.savage@atco.ca

*Industrie pétrolière*

L'industrie pétrolière canadienne aide ses clients industriels à améliorer leur efficacité énergétique. Nombre de fournisseurs offrent des services d'expertise technique et d'évaluation. Demandez à votre représentant des ventes des renseignements sur les programmes et les technologies permettant d'économiser l'énergie.

*Fournisseurs de gaz naturel*

Les fournisseurs de gaz naturel offrent aux clients industriels une variété de programmes pour les aider à réduire leurs coûts énergétiques et à améliorer l'efficacité de leurs activités d'exploitation. À titre individuel et par l'entremise de l'Institut canadien des recherches gazières, ils diffusent également de nombreuses publications consacrées à l'efficacité énergétique. Pour vous familiariser avec l'aide offerte dans votre région, communiquez avec votre fournisseur (voir la liste de personnes-ressources et d'adresses ci-dessous). Cette liste a été mise à jour, de même que l'information sur les programmes d'aide, le cas échéant.

**Aide technique** : Nombre de fournisseurs de gaz naturel offrent à leurs clients industriels des conseils sur l'application de nouvelles technologies. Ils appuient également parfois les études de faisabilité, les petits projets de cogénération, la vérification énergétique et les projets de surveillance de la consommation d'énergie.

**Formation** : Certains fournisseurs offrent des cours, parfois en collaboration avec d'autres organismes.

**Tarification en vertu de contrats d'énergie interruptible ou selon la période d'utilisation** : En offrant de meilleurs taux aux industries qui acceptent une réduction du volume d'approvisionnement en période de pointe, ou en informant les clients industriels sur les variations imminentes des prix de l'énergie, les fournisseurs de gaz naturel encouragent par ces programmes les grands consommateurs d'énergie à déplacer une partie de leur consommation aux heures et aux saisons où la demande est moins forte.

*Alberta*

Mark Antonuk
Supervisor, Commercial Industrial Marketing
Canadian Western Natural Gas
909, 11e Avenue Sud Ouest
Calgary (Alberta) T2R 1L8

Téléphone : (403) 245-7199
Télécopieur : (403) 245-7698
Courriel : mark.antonuk@cwng.ca

*Colombie-Britannique*

Gary Hamer, P.Eng.
Energy Efficiency Manager
Market Development
BC Gas
4190 Lougheed Highway, 2e étage
Burnaby (Colombie-Britannique) V5C 6A8

Téléphone : (604) 293-8473
Télécopieur : (604) 293-8850
Courriel : ghamer@bcgas.com

BC Gas n'offre actuellement aucun programme d'efficacité énergétique.

*Manitoba*

Gerry Rose
Vice-President, Customer Services and Marketing
Manitoba Hydro
Case postale 815
Winnipeg (Manitoba) R3C 2P4

Téléphone : (204) 474-3341
Télécopieur : (204) 452-3976
Courriel : gwrose@hydro.mb.ca

*Ontario*

Masoud Almassi
Enbridge Consumers Gas
2235, avenue Sheppard Est
Atria II, 17e étage
North York (Ontario) M2J 5B5

Téléphone : (416) 496-7110
Télécopieur : (416) 496-7182
Courriel : masoud.almassi@cgc.enbridge.com

Ed Seaward
Union Gas Limited
200, boulevard Yorkland
Toronto (Ontario) M2J 5C6

Téléphone : (416) 496-5267
Télécopieur : (416) 496-5303
Courriel : eseaward@uniongas.com

Marc St. Jean
Spécialiste principal, Marketing
Union Gas Limited
200, boulevard Yorkland
Toronto (Ontario) M2J 5C6

Téléphone : (416) 491-1888, poste 319
Télécopieur : (416) 496-5303
Courriel : mstjean@uniongas.com

*Québec*

Robin Roy
Chef de service, Ingénierie géomatique et technologie
Gaz Métropolitain
1717, rue du Havre
Montréal (Québec) H2K 2X3

Téléphone : (514) 598-3812
Télécopieur : (514) 598-3461
Courriel : rroy@gazmet.com

Gaz Métropolitain offre deux formes d'aide à l'industrie :

- une aide technique afin de cerner la meilleure technique gazière pour une application particulière;
- des programmes financiers en vue d'améliorer la rentabilité d'un projet de conversion au gaz naturel.

*Saskatchewan*

Bernard Ryma
Director, Technology and
Engineering Standards
SaskEnergy/TransGas
1945, rue Hamilton, 6e étage
Regina (Saskatchewan) S4P 2C7

Téléphone : (306) 777-9368
Télécopieur : (306) 525-3422
Courriel : bryma@saskenergy.sk.ca

SaskEnergy/TransGas mène des études pour déterminer les économies que peuvent réaliser les entreprises industrielles grâce à la conversion de l'électricité au gaz naturel dans leurs installations et pour cerner d'autres occasions d'économiser l'électricité. Par ailleurs, un programme provincial de gestion de l'énergie s'adressant aux clients industriels est offert par le Saskatchewan Research Council de Saskatoon.

## Autres sources d'aide

Certains instituts de recherche au service de secteurs industriels peuvent fournir des idées et une aide technique pour réaliser des projets d'efficacité énergétique et mener des essais. Citons, à titre d'exemple, l'Institut canadien de recherches sur les pâtes et papiers (Paprican), qui peut fournir notamment de l'information sur le séchage du bois par impulsion électrique. Il s'agit d'une autre avenue à envisager lorsque vous êtes à la recherche d'une solution précise à un problème.

Internet constitue une excellente source d'information sur l'efficacité énergétique. De nombreux sites Web peuvent être consultés. La page d'accueil du site de l'OEE (http://oee.rncan.gc.ca) offre des liens aux sources d'information disponibles dans plusieurs pays, notamment un site mis à jour par le Centre international d'intervention pour l'analyse et la diffusion des techniques énergétiques démontrées (CADDET), qui vaut vraiment la peine d'être consulté (http://caddet-ee.org). Le Canada participe aux activités d'un groupe multinational qui échange de l'information sur l'énergie par l'entremise du CADDET. À titre de service aux lecteurs, la partie 2 du présent guide fait référence à diverses techniques éconergétiques de pointe développées par les pays membres du CADDET. Une grande variété de rapports, d'analyses et de publications techniques sont offerts au Canada par l'entremise de l'OEE.

# partie 2

# Guide technique de planification et de gestion de l'efficacité énergétique

## 2.1 Gestion des ressources et des coûts énergétiques

Dans la partie 1 du présent ouvrage, nous avons abordé les principes généraux qui régissent la mise sur pied et le fonctionnement d'un système de gestion de l'énergie efficace dans un établissement, en mettant principalement l'accent sur l'organisation et l'élément humain. Dans la présente section, nous examinons comment on peut, dans le cadre de ce système de gestion, maîtriser de façon systématique et méthodique le coût et l'utilisation des ressources énergétiques.

### *2.1.1 Restructuration du marché de l'énergie au Canada*

**Électricité**

Au Canada, plusieurs services d'électricité dont la propriété et la réglementation relevaient des provinces sont en voie d'être restructurés afin de relever les défis d'un marché de l'électricité plus concurrentiel et de plus en plus intégré à l'échelle de l'Amérique du Nord. Le gouvernement du Canada appuie les efforts continus des provinces pour ouvrir le marché de l'électricité et y introduire une plus grande concurrence.

Compte tenu du rôle important qu'elles jouent dans ce secteur, c'est aux provinces et aux territoires que reviennent les décisions initiales concernant la restructuration de leur marché de l'électricité. Le besoin de s'attaquer à cette question plus ou moins rapidement varie selon les provinces. Des facteurs comme les coûts, l'offre et les considérations sociales font en sorte que les changements ne sont pas apportés partout en même temps. L'Alberta, la Colombie-Britannique, le Manitoba et le Québec donnent aux fournisseurs l'accès à leur réseau de distribution. L'Alberta a ouvert le marché de détail de l'électricité en janvier 2001, alors que l'Ontario a ouvert des marchés de gros et de détail.

La restructuration entraîne une transition complexe d'une situation de service public réglementé à celle d'un marché concurrentiel. Dans certaines régions, cette transition s'est faite très difficilement. Par contre, certains modèles de restructuration ont semblé donner de meilleurs résultats, apportant la concurrence au marché ainsi que des économies aux consommateurs et une efficacité énergétique accrue. Les provinces continueront de suivre la situation chez leurs voisins, alors que la transition s'y déroule.

## Gaz naturel

Avant 1985, des organismes de réglementation des niveaux fédéral et provincial jouaient un rôle dans l'établissement des prix du gaz naturel et des quantités pouvant être exportées. Le passage à l'établissement des prix par le marché a accru la concurrence, surtout dans les années 1990.

Le principe qui sous-tend une telle déréglementation est simple : si la concurrence devient plus forte au niveau de la vente au détail, les consommateurs d'énergie résidentiels et commerciaux bénéficieront de prix et de services plus avantageux ainsi que d'un plus grand nombre d'options. Cette philosophie va de pair avec une tendance de fond visible dans toute l'Amérique du Nord, où les entreprises raffinent sans cesse leurs techniques et font la promotion des ventes d'énergie (et non plus seulement de gaz naturel) auprès des consommateurs.

Pour les producteurs, il existe maintenant plusieurs types d'acheteurs, dont les clients industriels, les distributeurs indépendants, les entreprises de distribution locales, les sociétés de marketing (p. ex., les filiales de sociétés de gazoducs) et d'autres vendeurs. Et de plus, depuis 1990, les contrats à terme offrent tant aux vendeurs qu'aux acheteurs un outil de gestion du risque relatif au prix.

## Achat d'énergie – sur le marché au comptant

Puisque le marché de l'énergie est volatil par nature et que l'industrie a en horreur la volatilité, les entreprises doivent être à l'affût de moyens de réduire le risque auquel elles sont exposées. Par conséquent, l'efficacité énergétique et la gestion axée sur la demande seront de plus en plus utiles aux entreprises pour assurer la gestion des coûts. Les clients devront faire preuve d'un plus grand discernement en ce qui a trait à l'achat et à la consommation d'énergie. Ils devront également porter davantage attention à la conjoncture du marché, afin de pouvoir établir leur budget pour l'énergie de façon plus judicieuse et de rationaliser leurs dépenses. On peut faire des parallèles avec le marché des valeurs mobilières. Cet état de choses a certains effets sur les possibilités de gestion de l'énergie. Il faut noter que certains grands consommateurs industriels d'énergie au Canada estiment déjà qu'il est rentable d'affecter des ressources pour assurer un suivi constant du marché énergétique et tirer parti des cours au comptant au moment de prendre des décisions d'achat. On trouve sur le marché des progiciels destinés à cet usage; toutefois, le présent guide ne donne pas le nom de fournisseurs de services ou de fabricants de produits.

Nous avons souligné cet aspect dans le but d'aider le lecteur à tirer le maximum d'une ressource limitée : le budget énergétique de l'entreprise. Plus les achats énergétiques intelligents dans ce nouveau marché variable peuvent vous aider à réaliser des économies, plus vous pourrez consacrer d'argent aux améliorations éconergétiques et vice versa. Par ailleurs, vu qu'un nombre accru d'entreprises envisageront d'avoir recours à la production combinée de chaleur et d'électricité (ou cogénération), le marché de l'énergie présentera également un intérêt pour eux du point de vue des revenus.

### 2.1.2 Gérance énergétique

La méthode de la gérance énergétique se révèle très utile pour assurer une gestion de l'énergie concrète et axée sur des objectifs. Elle est possible grâce aux progrès en technologie informatique ainsi qu'en instrumentation et en matériel de mesure et de contrôle. Cette méthode, dont l'utilisation est relativement nouvelle au Canada, fait appel à une approche rigoureuse et structurée assurant une distribution et une consommation d'énergie aussi efficaces que possible. Elle peut s'appliquer à tout un éventail d'autres produits des services publics, notamment l'eau et le gaz, et en fait à un éventail de matières premières ou autres produits utilisés dans les procédés. La mise en place d'un système de gérance énergétique peut se rentabiliser rapidement – d'ordinaire au cours de la première année d'utilisation.

Selon le principe fondamental de la gérance énergétique, les coûts de l'énergie et des autres services publics sont des coûts directs que l'on devrait contrôler et maîtriser de la même manière que tout autre coût direct lié à la production, comme la main-d'œuvre, les matières premières, les pièces et les fournitures. Ce principe est exprimé sous forme de politique au niveau du conseil d'administration dans les entreprises qui ont adopté ce système dans le but d'en tirer parti.

La maîtrise des coûts implique la responsabilité et la reddition des comptes. Pour amorcer le processus de gérance, on divise l'usine en centres de responsabilité énergétique, dont certains transforment l'énergie tandis que d'autres la consomment. Pour des raisons d'ordre pratique, ces centres doivent correspondre aux centres de comptabilité de gestion existants, pour éviter tout chevauchement entre les secteurs de compétence de gestionnaires différents. Au sein de chaque centre, on contrôle la consommation d'énergie (p. ex., électricité, gaz, vapeur). Pour maîtriser encore plus la situation, on peut contrôler les flux d'énergie dans des secteurs particuliers du centre visé. Le contrôleur de l'usine devrait également participer à cette démarche, puisqu'il s'agit de la personne qui voudra savoir comment on gère ces coûts contrôlables.

Les gestionnaires sont responsables de la consommation d'énergie et doivent en rendre compte. L'examen de cette consommation (et de celle d'autres produits des services publics) en fonction des normes et des budgets établis devient un point permanent à l'ordre du jour des réunions mensuelles de l'équipe de gestion consacrées à l'examen opérationnel. En outre, la consommation (ou l'économie) d'énergie pourra être incluse dans les objectifs clés personnels des gestionnaires en matière de rendement et dans l'évaluation de leur rendement. On portera ainsi le même degré d'attention aux questions énergétiques qu'aux indicateurs de production et de rendement financier.

Le coût de la mise en œuvre d'un système de gérance énergétique variera selon la quantité de compteurs et d'instruments de mesure en place, le degré de contrôle voulu et les méthodes employées pour consigner et analyser la consommation d'énergie. On peut ajuster la portée de ce système en fonction des économies escomptées. Le mesurage exige la mise en place de compteurs à des points clés dans l'usine, en particulier pour surveiller les pièces d'équipement énergivores. Il faudrait idéalement mettre au point ce système en parallèle avec un système

informatisé de gestion de l'énergie à l'échelle des installations, qui englobe le contrôle et l'automatisation relativement aux conditions réelles. Cependant, l'expérience montre que les gains d'efficacité énergétique découlant du programme de gérance ne tarderont pas à compenser les coûts liés à la mise en place des compteurs, de l'équipement de contrôle connexe et des ordinateurs. Par exemple, une usine canadienne qui avait fait l'acquisition d'un système de 200 000 $ a réalisé des économies de 1 500 000 $ au cours de la première année de son exploitation.

Pour chaque point soumis au contrôle, par exemple l'efficacité d'une chaudière, il faut établir un indice approprié en fonction duquel on évaluera le rendement. On doit établir une norme de rendement pour chaque indice, d'après des données historiques prenant en compte les facteurs qui peuvent avoir une incidence marquée sur l'efficacité. Si l'on ne dispose pas de données historiques, par exemple en raison de l'absence d'instrumentation, il faut recueillir des données pendant six à huit mois avant d'établir une norme. Là encore, les gestionnaires doivent s'entendre sur les normes qui seront établies.

Les objectifs découlent de ces données, tout comme les normes. Ils représentent des améliorations au chapitre de l'efficacité énergétique. Pour assurer le bon fonctionnement du système, il faut que les gestionnaires pour lesquels des objectifs énergétiques sont établis conviennent que leurs objectifs sont réalistes. La reformulation graduelle mais progressive des objectifs au fil du temps en vue d'une amélioration de l'efficacité énergétique représente le point de départ de l'amélioration continue.

Plusieurs entreprises proposent des logiciels et du matériel informatique servant à la gérance énergétique, et elles peuvent aider à sa mise en œuvre dans la vôtre. On trouvera de plus amples renseignements à ce sujet auprès du site Web de l'OEE à l'adresse http://oee.rncan.gc.ca.

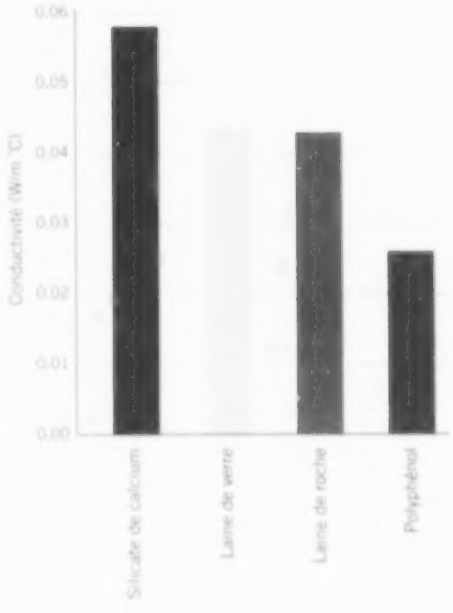
## 2.2 Isolation thermique de l'équipement

L'isolation thermique de l'équipement de production et de la tuyauterie est utile à plusieurs égards :

- prévention des pertes et des gains de chaleur;
- maintien d'une température de procédé constante;
- protection des employés contre les brûlures et les engelures;
- prévention de la formation de condensation sur les surfaces froides de l'équipement;
- maintien d'un milieu de travail confortable à proximité d'équipement de production chaud ou froid.

Les avantages découlant de la mise en place ou de l'amélioration d'isolant sur l'équipement de production et la tuyauterie sont particulièrement attrayants si les coûts de la source d'énergie ont augmenté depuis la conception et la mise en place de l'équipement. L'isolation thermique se détériore à la longue et il est possible qu'une réévaluation des systèmes en place depuis longtemps révèle que l'isolant est inadéquat ou endommagé. La figure 2.1 présente des informations sur la conductivité thermique.

**FIGURE 2.1**
**Conductivité thermique**




### Épaisseur d'isolant rentable

L'étape clé d'une analyse de l'isolation consiste à déterminer l'épaisseur d'isolant la plus rentable à mettre en place, soit celle qui permet de réaliser l'économie d'énergie maximale par rapport au coût. Pour obtenir de plus amples renseignements sur l'épaisseur d'isolant rentable, se reporter au guide technique *Isolation thermique des équipements* (n° de catalogue M91-6-001F); voir la page vi afin de connaître la façon de commander cet ouvrage.

### Contrôle de l'humidité

L'isolant qui nécessite des poches d'air pour être efficace doit être gardé sec. L'exposition à l'humidité, en particulier dans le cas des isolants fibreux en vrac ou de mousse à alvéoles ouvertes, provoque le déplacement de l'air par l'eau ou la glace conductrices de chaleur. Il est tout aussi important de protéger l'isolant contre la pénétration d'humidité ou d'eau que de choisir le type d'isolant le plus efficace et d'utiliser une épaisseur rentable. Sur le plan pratique, il faut faire de l'imperméabilisation une partie intégrante de tout travail d'isolation.

- Installer un pare-vapeur adéquat et étanche sur la face intérieure (chaude) des murs, des plafonds ou des planchers.
- Protéger les murs extérieurs contre les intempéries au moyen d'un revêtement extérieur ou d'un autre traitement qui prévient l'infiltration d'eau.
- Maintenir l'intégrité du revêtement d'étanchéité du toit grâce à une inspection et une maintenance régulières.

- Recouvrir d'un revêtement approprié les tuyaux isolés (à l'intérieur comme à l'extérieur) en scellant bien les joints et maintenir l'intégrité du revêtement en procédant à l'inspection régulière et à la réparation rapide des sections endommagées.
- Pour les applications à température élevée, choisir un revêtement perméable à la vapeur qui permettra à l'humidité de passer à l'extérieur.

Une épaisseur rentable d'isolant procure l'isolation maximale au moindre coût. Une façon de réaliser des économies liées à l'isolation consiste à accroître le niveau d'isolation comme il est indiqué dans les tableaux d'épaisseur recommandée (voir le guide technique *Isolation thermique des équipements*, nº de catalogue M91-006/1F), qui peuvent être utilisés comme lignes directrices.

L'isolant engorgé d'eau transfère la chaleur de ***15 à 20 fois plus rapidement*** que l'isolant sec!

## Conseil

Prenons l'exemple d'un tuyau en acier de diamètre NPS 6 dont la température de fonctionnement atteint 121 °C, à une température ambiante de 21,1 °C. Sans isolation, il perdra 700 Wh par mètre de longueur par heure. Avec un isolant de fibre minérale de 76 mm, la perte sera ramenée à 37 Wh/m/h et la température de la surface extérieure sera de 23 °C.

### Considérations environnementales

Que l'isolation vise à prévenir une perte ou un gain de chaleur, elle aide à réduire les émissions de gaz à effet de serre. Exception faite de l'énergie nucléaire et de l'hydroélectricité, l'énergie est issue de la combustion de combustibles fossiles. L'isolation contre les pertes de chaleur (p. ex., des conduits où circulent de la vapeur ou des liquides chauds) réduit la quantité de combustible nécessaire pour alimenter les chaudières produisant la chaleur… et les émissions connexes. Par ailleurs, l'isolation contre les gains de chaleur (p. ex., des locaux réfrigérés ou des conduits où circulent des fluides froids) réduit la quantité d'énergie électrique nécessaire pour faire fonctionner les refroidisseurs. Toute consommation moindre d'électricité entraîne une réduction des émissions produites par les centrales thermoélectriques. Voir la section 1.1, « Changements climatiques », à la page 1 pour une analyse de la réduction des polluants liée aux améliorations écoénergétiques et la marche à suivre pour la calculer.

### Renseignements supplémentaires

Des renseignements utiles à cet effet se retrouvent dans le guide *Isolation thermique des équipements* (nº de catalogue M91-6-006F) publié par RNCan. Différents logiciels de conception assistée par ordinateur, dont certains sont répertoriés dans le *Répertoire des logiciels de vérification du rendement énergétique 1997* (nº de catalogue M27-01-570F) du Ministère peuvent être utilisés en complément à ce guide. Il est à noter que les spécifications sur les matériaux qui y paraissent remontent à la première édition du guide, au milieu des années 1980.

### Possibilités de gestion de l'énergie

N'hésitons pas à le répéter : l'expression « possibilités de gestion de l'énergie » (PGE) désigne les façons d'utiliser l'énergie de façon judicieuse pour économiser de l'argent. Ces possibilités peuvent prendre différentes formes, par exemple :

*PGE de gestion interne*

- Réparer l'isolant endommagé;
- Réparer les revêtements et finis endommagés;
- Respecter les exigences en matière de sécurité.

L'isolant rempli de glace transfère la chaleur **50 fois plus rapidement** que l'isolant sec!

*PGE à faible coût*

- Isoler les conduits non isolés;
- Isoler les cuves ou récipients non isolés;
- Ajouter de l'isolant pour atteindre l'épaisseur recommandée.

*PGE de rénovation*

- Rehausser les niveaux d'isolation;
- Revoir les normes en matière d'épaisseur d'isolant rentable;
- Isoler les grosses pièces d'équipement ou le matériel de procédés non isolés;
- Procéder à des rénovations peu coûteuses.

Le travail dans cette dernière catégorie exige une analyse détaillée par des spécialistes.

**Critères à prendre en compte pour le choix du matériau :**

- absence d'halocarbures;
- inflammabilité;
- rendement.

## Fiche d'évaluation – Isolation thermique de l'équipement

### Isolation

Vérifier l'état de l'isolation des conduits, de l'équipement et des récipients aux différents endroits.

***Les conduits et l'équipement sont-ils isolés?***

☐ Oui — Vérifier périodiquement l'état de l'isolant.

☐ Non — Prendre les mesures nécessaires pour mettre en place une épaisseur d'isolant rentable.

Utiliser le guide technique *Isolation thermique des équipements* (nº de catalogue M91-6-006F) pour évaluer les économies.

Fait par : _____ Date : _____

***L'isolant est-il sec?***

☐ Oui — Vérifier périodiquement l'état de l'isolant.

☐ Non — Repérer les sources d'humidité; en particulier, déterminer s'il y a des fuites dans les conduits ou l'équipement.

Remplacer l'isolant humide, car il est très peu efficace.

Fait par : _____ Date : _____

***L'isolant est-il assez épais? (L'isolant recouvrant une surface chaude doit être froid au toucher.)***

☐ Oui — Aucune mesure à prendre.

☐ Non — Envisager d'ajouter de l'isolant; demander au fabricant ou à un entrepreneur en isolation si cela est rentable.

Fait par : _____ Date : _____

***L'isolant est-il protégé au moyen d'un revêtement approprié contre les dommages mécaniques?***

☐ Oui — Vérifier périodiquement le revêtement.

☐ Non — Réparer ou installer le revêtement dès que possible.

Vérifier l'équipement isolé pour voir s'il a été endommagé par l'humidité.

Remplacer l'isolant endommagé.

Fait par : _____ Date : _____

***A-t-on pris en compte la résistance à la compression du matériau isolant au moment de l'évaluation de la protection mécanique?***

☐ Oui Vérifier périodiquement l'état de l'isolant.

☐ Non Vérifier s'il s'agit d'un type approprié de revêtement.

Aux endroits vulnérables aux dommages mécaniques, envisager l'utilisation d'un isolant plus souple.

Envisager de mettre en place une protection mécanique extérieure (barrières, remparts, écrans, ponts, etc.) pour atténuer les risques de dommages.

Fait par : _____ Date : _____

***Sur les conduits extérieurs, l'équipement, les cuves et les récipients isolés, le pare-vapeur et l'enveloppe étanche sont-ils intacts?***

☐ Oui Vérifier périodiquement l'état de l'isolant.

☐ Non Réparer l'isolant dès que possible.

Vérifier l'équipement protégé pour voir s'il a été endommagé par l'humidité.

Remplacer l'isolant endommagé ou humide.

Fait par : _____ Date : _____

***Les accessoires servant à fixer, sceller ou calfeutrer l'isolant et le revêtement protecteur ou le fini sont-ils compatibles les uns avec les autres et sans risque pour l'environnement?***

☐ Oui Vérifier périodiquement l'état de l'isolant.

☐ Non Remplacer les pièces non compatibles pour assurer l'intégrité du système, prévenir la corrosion et les fissures, etc.

Utiliser des méthodes d'installation et d'isolation appropriées pour les crochets ou les supports afin de réduire les pertes d'énergie.

Accorder une attention particulière à l'isolation des valves, robinets, brides, coudes, etc.

Fait par : _____ Date : _____

N.B. : Aux questions types figurant dans la fiche d'évaluation, vous pouvez ajouter celles qui sont propres à votre installation.

## Conseil

**Efficacité des ampoules électriques (%) :**

À incandescence = 100

Fluorescentes = 300

Halogénures métallisés = 400 à 600

Vapeur de sodium haute pression = 450 à 700

## Conseil

Le système d'éclairage le plus efficace maintenant offert sur le marché n'entraîne pas forcément des coûts plus élevés qu'une conception et des appareils ordinaires. En fait, on peut réduire le coût initial du projet en ayant recours à la conception et aux appareils les plus efficaces. Pour ce faire, il faut respecter trois grandes règles :

- n'utiliser que le niveau d'éclairage recommandé;
- utiliser des appareils paraboliques munis de lampes de type T et de ballasts électroniques;
- tirer parti d'une charge et de coûts de climatisation réduits.

## 2.3 Systèmes d'éclairage

Les progrès technologiques en matière d'éclairage ont récemment donné lieu à quantité de possibilités de réduire la consommation d'énergie. Bon nombre d'industries ont modernisé leur système d'éclairage et les fabricants d'appareils d'éclairage ont lancé sur le marché des produits plus efficaces. Toutefois, il reste une foule de possibilités de réduire les coûts d'électricité attribuables au système d'éclairage de la plupart des établissements.

La première mesure à prendre pour réduire les coûts d'électricité attribuables à l'éclairage consiste à inspecter l'installation pour voir si les appareils utilisés dans chaque secteur conviennent au travail à accomplir et s'ils sont les plus économiques qui soient pour la tâche visée.

### *Loi sur l'efficacité énergétique*

Le nouveau règlement d'application de la *Loi sur l'efficacité énergétique* adopté en 1996 exige une évaluation des systèmes d'éclairage des gros bâtiments, notamment les immeubles industriels. La Loi établit des exigences minimales pour l'efficacité des lampes (exprimée en lumens par watt) et la qualité de l'éclairage (mesurée selon un indice de rendu des couleurs). Le nouveau règlement a pour objet de réduire la consommation annuelle d'énergie à l'échelle du pays de 134 petajoules en 2020. Plusieurs produits d'éclairage inefficaces ont déjà été retirés du marché canadien.

L'inspection de l'établissement devrait également déterminer si le système d'éclairage est conforme au *Règlement sur l'efficacité énergétique*. Les experts-conseils en éclairage, les fournisseurs d'électricité et les fabricants de produits d'éclairage peuvent vous aider à bien comprendre les exigences et à vous y conformer.

L'inspection du système d'éclairage permet souvent de découvrir l'une ou plusieurs des possibilités de gestion de l'énergie suivantes :

- **Lumières allumées dans des locaux inoccupés :** Même les appareils d'éclairage les plus efficaces consomment de l'énergie lorsqu'on les laisse allumés inutilement. La meilleure façon de s'assurer que les lumières sont éteintes quand on n'en a pas besoin consiste à susciter le sens de responsabilité chez les occupants, afin qu'ils prennent soin d'éteindre les lumières qui ne sont pas nécessaires. Vous pouvez aussi envisager d'installer des minuteries, des cellules photoélectriques et des détecteurs de présence ou d'intégrer le système d'éclairage à un système de contrôle de la gestion de l'énergie. Les appareils d'éclairage (et les autres types de matériel électrique, comme les ventilateurs) qu'on laisse fonctionner inutilement dans les zones réfrigérées ajoutent considérablement à la charge de refroidissement. Il en va de même des systèmes de climatisation.

- **Ampoules, lentilles et surfaces réfléchissantes sales :** Les dépôts de poussière et de graisse sur les appareils d'éclairage peuvent réduire jusqu'à 30 p. 100 la quantité de lumière qui se rend à la zone cible. Il faut nettoyer les appareils d'éclairage au moins une fois tous les deux ans, mais plus souvent s'ils sont exposés à la graisse, à la poussière ou à la fumée et s'ils font partie d'un système de chauffage, de ventilation et de climatisation (CVC).
- **Zones trop éclairées :** Dans les zones éclairées plus que nécessaire pour les activités qu'on y exerce, enlevez quelques appareils d'éclairage ou installez des gradateurs. Les besoins en éclairage varient considérablement à l'intérieur d'un bâtiment. En réduisant le niveau d'éclairage général et en l'augmentant aux endroits qui servent à des tâches particulières ou aux postes de travail, on peut souvent améliorer le confort des occupants tout en réduisant les coûts d'électricité. Lorsqu'on réduit l'éclairage à des endroits éclairés au moyen de fluorescents ou de lampes à décharge à haute intensité, il faut s'assurer que les ballasts sont déconnectés; en effet, ces derniers consomment de l'électricité même si l'ampoule a été enlevée. Les gradateurs sont utiles aux endroits où on pratique plusieurs types d'activités. Par exemple, il est possible d'éclairer pleinement les aires de production d'une usine pendant les périodes de production et de réduire l'éclairage quand le personnel de maintenance et le personnel de sécurité est à l'œuvre.
- **Appareils d'éclairage désuets :** Il est généralement rentable de moderniser le système d'éclairage en se dotant d'appareils éconergétiques. On devrait envisager une rénovation propre à améliorer l'efficacité énergétique globale de l'installation et à rendre le système d'éclairage conforme au *Règlement sur l'efficacité énergétique*.

Dans la mesure du possible, on doit envisager d'utiliser davantage la lumière du jour. En diminuant la consommation d'énergie pour l'éclairage, on peut réduire non seulement les coûts d'électricité, mais aussi la charge du système de climatisation.

### Facteurs environnementaux

Les mesures prises pour réduire la consommation d'électricité des systèmes d'éclairage aident à réduire les émissions des centrales thermoélectriques. Voir la section 1.1, « Changements climatiques », à la page 1, pour une analyse de la réduction des polluants liée aux améliorations éconergétiques et la marche à suivre pour la calculer.

Pour en apprendre davantage sur l'éclairage, on peut consulter le site Web de l'International Association for Energy-Efficient Lighting à l'adresse http://www.iaeel.org ou celui d'ENERGYSTAR® à l'adresse http://www.energystar.gov/products.

## Conseil

**Éteignez**

- les lampes à incandescence qui ne sont pas nécessaires;
- les lampes fluorescentes qui ne serviront pas au cours des 15 prochaines minutes;
- les lampes à décharge à haute intensité qui ne serviront pas au cours de la prochaine heure.

## Conseil

Assurez-vous qu'un programme de nettoyage régulier des puits de lumière et des fenêtres a été adopté.

## Fiche d'évaluation – Systèmes d'éclairage

### Fonctionnement

Faire le tour des installations après les heures de travail et noter si les lumières sont éteintes dans les aires inoccupées.

***Les lumières sont-elles éteintes dans les aires inoccupées?***

☐ Oui — Procéder périodiquement à une vérification.

☐ Non — Inciter les employés à prendre l'habitude d'éteindre les lumières lorsqu'ils quittent les lieux en fin de journée.

Demander au personnel de sécurité ou de maintenance de veiller à ce que les lumières soient éteintes.

Envisager de mettre en place des minuteries ou des détecteurs de présence qui éteignent les lumières automatiquement.

Envisager de mettre en place un système de gestion de l'éclairage pour l'établissement.

Envisager de mettre en place des interrupteurs munis d'un détecteur de mouvement pour l'éclairage de la cour et du périmètre des bâtiments.

Fait par : _____ Date : _____

***Les appareils d'éclairage sont-ils propres?***

☐ Oui — Procéder à une vérification périodique afin de respecter la norme.

☐ Non — Laver les lampes, les lentilles et les surfaces réfléchissantes pour enlever la poussière et la graisse accumulées.

Fait par : _____ Date : _____

Inspecter l'installation au moyen d'un photomètre et comparer les relevés avec les exigences normales relatives aux tâches à accomplir.

***Le niveau d'éclairage convient-il au travail effectué dans chaque zone?***

☐ Oui — Procéder à une vérification périodique afin de respecter la norme.

☐ Non — Si le niveau d'éclairage est trop élevé, envisager d'enlever des appareils d'éclairage ou d'utiliser des lampes haute efficacité à faible puissance.

Si le niveau d'éclairage est trop faible, envisager d'utiliser un éclairage dirigé vers les aires de travail; s'il est impossible d'utiliser un éclairage direct, consulter un spécialiste de l'éclairage.

Fait par : _____ Date : _____

## Applications des types d'éclairage

Noter les divers types d'appareils d'éclairage utilisés dans l'ensemble de l'établissement.

***Certaines aires sont-elles éclairées au moyen de lampes à incandescence?***

☐ Oui Envisager de les remplacer par des lampes éconergétiques conformes à la *Loi sur l'efficacité énergétique*, p. ex. des fluorescents ou des lampes à décharge à haute intensité, du type le plus approprié.

Consulter un spécialiste de l'éclairage.

☐ Non Aucune mesure à prendre.

Fait par : _____ Date : _____

***Des aires intérieures de grande superficie à plafond élevé sont-elles éclairées au moyen de fluorescents inefficaces?***

☐ Oui Envisager de remplacer les fluorescents par des lampes à décharge à haute intensité conformes à la *Loi sur l'efficacité énergétique*, p. ex. des lampes à halogénures métalliques ou à vapeur de sodium haute pression.

☐ Non Aucune mesure à prendre.

Fait par : _____ Date : _____

***Des aires de grande superficie sont-elles éclairées au moyen de lampes à vapeur de mercure?***

☐ Oui S'il n'est pas nécessaire d'avoir les qualités de rendu des couleurs des lampes à vapeur de mercure, envisager d'installer des lampes à halogénures métalliques ou à vapeur de sodium haute pression, qui sont plus éconergétiques.

☐ Non Aucune mesure à prendre.

Fait par : _____ Date : _____

***Les luminaires de l'installation sont-ils tous conformes aux exigences de la* Loi sur l'efficacité énergétique*?***

☐ Oui Aucune mesure à prendre.

☐ Non Consulter un spécialiste de l'éclairage qui peut recommander un équipement approprié conforme aux exigences de la *Loi sur l'efficacité énergétique*.

Fait par : _____ Date : _____

N.B. : Aux questions types figurant dans la fiche d'évaluation, vous pouvez ajouter celles qui sont propres à votre installation.

## 2.4 Systèmes électriques

L'électricité est la forme d'énergie la plus largement utilisée dans la plupart des établissements, mais dans les usines, les systèmes électriques sont parmi ceux que l'on comprend le moins.

Dans la plupart des installations industrielles, quatre types de possibilités s'offrent à vous pour réduire les coûts d'électricité :

- réduire la demande de pointe, c.-à-d. la puissance maximale (en kW ou en kVA) requise;
- réduire la consommation d'énergie totale (mesurée en kWh);
- améliorer le facteur de puissance;
- consommer l'énergie au moment où les coûts sont moins élevés.

### Compréhension de la facture d'électricité

Pour en arriver à maîtriser les coûts d'électricité, il est important de bien comprendre le système de tarification du service d'électricité. L'électricité consommée par les installations industrielles et commerciales est généralement facturée selon un barème général de tarification des services, en vertu duquel la facturation est fonction de la demande de pointe (kW ou kVA) et de la consommation (kWh). Par ailleurs, le barème général de tarification des services prévoit habituellement des pénalités aux usines qui présentent un facteur de puissance peu élevé.

### Tarification basée sur la période d'utilisation

Bon nombre de services d'électricité ont adopté une tarification fondée sur la période d'utilisation pour les clients dont la demande de pointe dépasse 5 000 kW. Ce mode de tarification offre des prix très bas aux clients qui peuvent effectuer en dehors des périodes de pointe les activités entraînant une forte demande. Le service d'électricité bénéficie ainsi d'une charge quotidienne plus uniforme, tandis que le client réduit ses coûts.

### Modification de la période de consommation et tarification en temps réel

Certains services d'électricité offrent maintenant à leurs clients importants la tarification en temps réel, selon laquelle ils indiquent de jour en jour aux clients les tarifs proposés pour chaque heure de la journée suivante. En raison des fluctuations de la demande, les prix de l'électricité varient grandement au fil de la journée et le client qui est en mesure d'effectuer les activités énergivores pendant les périodes où le coût est moins élevé peut réaliser ainsi des économies appréciables.

Certains logiciels permettent d'estimer les coûts d'énergie dans diverses situations. Ce genre d'estimation exige généralement des analyses complexes pour en arriver à déterminer le meilleur mode d'utilisation selon les contraintes opérationnelles qu'imposent des facteurs tels que les besoins en équipement. On trouve même des logiciels qui permettent d'estimer les possibilités de contrôle en fonction des modalités de consommation déterminées lors de l'analyse. Pour en apprendre davantage sur les logiciels et les outils d'analyse qui s'offrent à vous, consultez votre service d'électricité.

## Possibilités de gestion de l'énergie

Faites l'analyse de la charge électrique et, en exploitant certaines idées proposées ci-après, mettez au point une approche pour assurer la gestion systématique de votre consommation d'électricité. Envisagez d'adopter l'un des programmes prédictifs de gestion axée sur la demande, qui sont offerts sur le marché. Ce style de gestion consiste à installer des mécanismes pour réduire ou gérer la charge électrique ou la demande de pointe. (N.B. : Il existe d'autres programmes de gestion axée sur la demande, p. ex. pour gérer la consommation de gaz naturel.) Un réseau de mesure de l'électricité en direct permet de relever les données en temps réel des compteurs, et le système informatisé de gestion de l'énergie permet de prédire et d'ajuster la demande d'électricité. Lorsque la demande se rapproche des objectifs prédéterminés, on interrompt les activités non essentielles pour réduire la demande de pointe (voir ci-après).

Rappelons par ailleurs qu'il faut prendre des mesures à grande échelle et obtenir l'appui des opérateurs. On doit commencer par mener une campagne de sensibilisation. Les employés sont-ils conscients des coûts de l'énergie et des autres services publics ainsi que de l'ampleur de ces dépenses au sein de l'usine? A-t-on mis en place un système de communications efficace pour faire connaître à chacun les résultats des efforts d'économie d'énergie?

### Réduction de la demande de pointe

La demande de pointe d'un établissement représente la puissance (en kW ou en kVA) totale requise pour faire fonctionner tout l'équipement électrique en service. Elle va donc en augmentant ou en diminuant à mesure que l'on met l'équipement sous tension ou hors tension et que la charge varie. La demande de pointe est fondée sur la pointe la plus élevée au cours de la période de facturation, même si cette pointe ne dure qu'une ou deux heures. Puisque les pointes de demande sont généralement prévisibles, on peut prendre différents moyens pour les réduire :

> Avez-vous adopté une procédure pour éteindre l'équipement de production et le matériel auxiliaire lorsqu'ils ne servent pas? Si oui, l'appliquez vous?

- délester la charge, c.-à-d. éteindre les pièces d'équipement non essentielles en période de pointe (voir la figure 2.2 à la page 82);
- déplacer la charge, c.-à-d. modifier l'horaire des opérations pour que certaines activités aient lieu en dehors des heures de pointe (voir la figure 2.3 à la page 82);
- améliorer les processus pour réduire les besoins en énergie électrique.

Si, après la mise en œuvre de toutes les mesures destinées à réduire les pointes, la demande demeure à un niveau inacceptable, on doit envisager d'installer des groupes électrogènes pour aider à réduire la charge de pointe.

**Demande de pointe :** Demande maximale de puissance électrique enregistrée pendant une période déterminée (p. ex., 30 minutes).

**Frais de puissance (apparente) disponible (kVA) :** Frais exigés pour l'offre de service à l'installation, selon la demande maximale possible du système d'alimentation.

**FIGURE 2.2**
**Délestage de la charge**

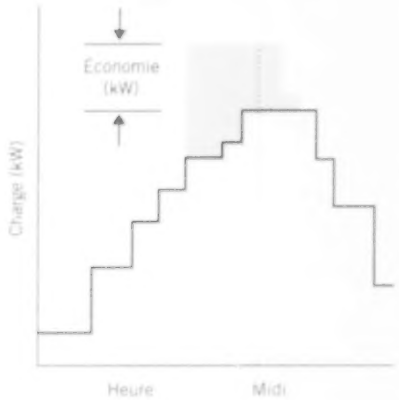
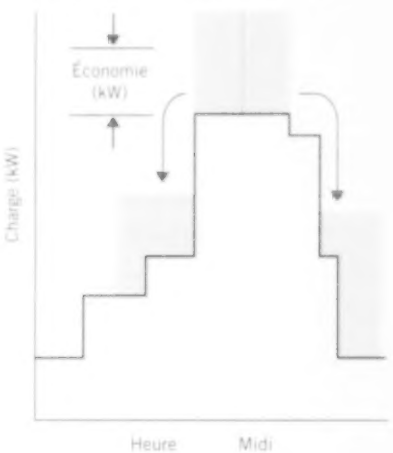



**FIGURE 2.3**
**Déplacement de la charge**




### Réduction de la consommation d'énergie

La réduction de la consommation d'énergie constitue la partie la plus simple d'un plan de réduction des coûts d'électricité. Tout d'abord, appliquez toutes les méthodes habituelles d'économie des coûts, par exemple :

- éteindre les lumières non nécessaires et moderniser les systèmes d'éclairage en installant des appareils écoénergétiques appropriés;
- éteindre les pièces d'équipement non nécessaires;
- remplacer les systèmes d'entraînement entre les moteurs et les pièces d'équipement qu'ils actionnent par des systèmes à vitesse variable plus écoénergétiques; envisager d'utiliser des systèmes d'entraînement hydraulique; remplacer les moteurs pour tirer parti de la technologie de mise sous tension sans appel de courant;
- remplacer l'équipement actionné par des moteurs, par des appareils écoénergétiques;
- remplacer les vieux moteurs électriques par de nouveaux moteurs à haut rendement.

On doit ensuite se pencher sur les procédés et examiner la consommation d'énergie de divers sous-systèmes – p. ex., CVC, réfrigération, transport automatique et manutention du matériel, air comprimé – de manière à réduire la consommation d'électricité, comme l'expliquent en détail les prochaines sections du présent guide.

L'installation d'un système de surveillance de la puissance, comme l'a fait un constructeur d'automobiles au Canada, jumelé à une méthode de gérance énergétique pour la gestion de la consommation d'électricité, pourrait suffire à réduire la consommation d'électricité (dans ce cas particulier, une réduction de 5,6 p. 100, soit plus de 1 million de dollars par an).

Une autre entreprise qui a suivi de près la consommation d'énergie en fonction des jours de production et d'arrêt, et qui a dégagé les tendances en la matière, a constaté beaucoup de gaspillage d'énergie la fin de semaine. On a alors élaboré des fiches d'arrêt à utiliser dans tous les secteurs de l'usine et documenté les arrêts d'équipement.

### Amélioration du facteur de puissance

Le facteur de puissance d'une installation industrielle (exprimé en kW/kVA) représente la puissance résistive divisée par la somme de la puissance résistive et de la puissance réactive. Il faut se rappeler que c'est la puissance résistive de l'énergie électrique qui effectue le travail utile. Un faible facteur de puissance est généralement attribuable à l'utilisation d'une charge inductive par l'équipement, par exemple, les transformateurs, les ballasts d'éclairage et les moteurs à induction, en particulier les moteurs dont la charge est insuffisante. Les services d'électricité pénalisent les clients dont le facteur de puissance est inférieur à 90 p. 100.

Vous avez tout intérêt à maintenir un facteur de puissance élevé pour que les frais de puissance apparente disponible (kVA) imposés par le service d'électricité ne dépassent pas la valeur prévue.

Pour améliorer le facteur de puissance, on ajoute le plus souvent des condensateurs au système électrique, généralement selon l'une des trois configurations suivantes :

- en batterie au tableau de contrôle principal ou à un emplacement central du circuit de distribution;
- en petits groupes à un centre de commande des moteurs;
- individuellement, sur les gros équipements consommateurs d'énergie.

Les batteries ou groupes de condensateurs comprennent généralement une unité de commande qui contrôle le facteur de puissance de l'installation et met les condensateurs sous tension, selon les besoins, pour maintenir le facteur de puissance à un niveau élevé.

Toutefois, une grande société canadienne a remplacé tous les condensateurs dans quatre de ses usines par de nouveaux circuits de résonance LRC à base de microprocesseurs, dimensionnés en fonction de l'usine et de la charge particulière, pour son circuit de distribution d'énergie. Une meilleure correction du facteur de puissance a permis de réaliser des économies d'énergie de l'ordre de 9 à 12 p. 100. L'ajout d'un dispositif de protection contre les défaillances intermittentes de l'alimentation a aidé à éliminer la majeure partie des temps d'arrêt attribuables aux pannes de courant et à réduire de 73 p. 100 la période de récupération des sommes investies.

Une papeterie a mis en place des systèmes d'entraînement multimoteurs d'un facteur de puissance de 1, qui ont permis de maintenir un facteur de puissance approprié pour un éventail de vitesses, ce que ne peuvent faire les variateurs de vitesse multimoteurs.

**Facteur de puissance**

Ratio de la puissance empruntant un circuit au produit de la tension et du courant. Les services d'électricité imposent une pénalité aux clients dont le facteur de puissance est inférieur à une valeur déterminée (p. ex. 0,9), car un facteur bien en deçà de l'unité (1) pose des problèmes dans les circuits d'alimentation et de distribution.

## Conseil

Les compensateurs adaptatifs de puissance réactive (AVC) récemment mis au point permettent de détecter instantanément la variation de la demande de courant réactif et d'apporter exactement la capacité appropriée pour porter le facteur de puissance à l'unité à l'intérieur d'un cycle. La vie utile de l'équipement s'en trouve allongée. Voir la liste des publications de CANMET à l'annexe C.

## Fiche d'évaluation – Systèmes électriques

### Demande

Établir le profil de la charge électrique de l'installation. On peut s'adresser au service d'électricité pour obtenir l'information voulue. Dans le cas contraire, il faudra peut-être poser des ampèremètres pour recueillir les données pendant plusieurs mois. On procédera à l'analyse du profil de la charge pour déterminer en quoi l'exploitation du matériel de l'usine influe sur lui.

***Peut-on modifier l'horaire des opérations pour faire fonctionner l'équipement en dehors des heures de pointe?***

☐ Oui — Modifier l'horaire des opérations.

☐ Non — Aucune mesure à prendre.

Fait par : _____ Date : _____

***Peut-on éteindre certaines pièces d'équipement pendant les périodes de pointe?***

☐ Oui — S'il s'agit d'équipement à commande manuelle, demander à l'opérateur de l'éteindre selon un horaire établi en fonction de la charge de pointe.

S'il s'agit d'équipement automatique, régler les commandes en conséquence ou installer une minuterie programmée.

☐ Non — Aucune mesure à prendre.

Fait par : _____ Date : _____

***Peut-on rationaliser l'équipement pour consommer moins d'électricité?***

☐ Oui — Moderniser l'équipement à la première occasion, ce qui permettra également de réduire la consommation d'énergie électrique.

☐ Non — Aucune mesure à prendre.

Fait par : _____ Date : _____

### Consommation

Examiner tous les systèmes électriques, y compris les appareils d'éclairage, dans le but d'apporter des rénovations écoénergétiques ou des modifications opérationnelles propres à réduire la consommation d'électricité.

***Peut-on éteindre l'équipement lorsqu'il ne sert pas sans perturber le procédé?***

☐ Oui — Informer les opérateurs que l'équipement doit être éteint lorsqu'il ne sert pas.

Envisager d'utiliser des minuteries, des cellules photoélectriques ou des détecteurs de présence pour que l'équipement soit éteint lorsque cela est possible.

☐ Non — Aucune mesure à prendre.

Fait par : _____ Date : _____

***Peut-on doter l'équipement de moteurs éconergétiques de façon économique?***

☐ Oui — Remplacer dès que possible les moteurs par des unités éconergétiques.

☐ Non — Explorer la possibilité de remplacer les vieux moteurs par des moteurs éconergétiques.

Fait par : _____ Date : _____

***Peut-on remplacer les appareils d'éclairage par des luminaires éconergétiques de façon économique?***

☐ Oui — Remplacer dès que possible les appareils d'éclairage par des luminaires et des ampoules éconergétiques.

☐ Non — Aucune mesure à prendre.

Fait par : _____ Date : _____

Examiner le système d'entraînement et l'équipement qu'il actionne pour déterminer s'il est possible d'en améliorer l'efficacité.

***Peut-on moderniser les systèmes d'entraînement et les pièces d'équipement mécaniques peu efficaces?***

☐ Oui — Remplacer dès que possible les éléments permettant.

☐ Non — Explorer la possibilité de remplacer les vieux systèmes d'entraînement et pièces d'équipement mécaniques.

Fait par : _____ Date : _____

## Facteur de puissance

***Le facteur de puissance est-il d'au moins 90 p. 100 (0,9)?***

☐ Oui — Procéder à une vérification périodique afin de respecter la norme.

☐ Non — Envisager de mettre en place des condensateurs pour accroître le facteur de puissance. En règle générale, un ingénieur en électricité doit d'abord procéder à une étude et aux travaux de conception.

Fait par : _____ Date : _____

N.B. Aux questions types figurant dans la fiche d'évaluation, vous pouvez ajouter celles qui sont propres à votre installation.

## 2.5 Appareillage de chaufferie

Dans quantité d'usines, c'est l'appareillage de chaufferie qui consomme le plus de combustible.

Le programme de gestion de l'énergie se rapportant à cet appareillage doit commencer par une évaluation de l'efficacité des chaudières en place. Il faut ensuite vérifier régulièrement leur rendement pour évaluer l'effet des mesures d'économie d'énergie adoptées et établir des objectifs d'amélioration.

La méthode de calcul direct de l'efficacité, soit la production de vapeur par rapport à la consommation de combustible des registres d'exploitation, constitue la façon la plus simple de faire le calcul.

*Méthode directe de calcul de l'efficacité des chaudières*

- Mesurer le débit de vapeur (en kg) pendant une période déterminée (p. ex., une heure). Utiliser les relevés de l'intégrateur de vapeur le cas échéant.
- Mesurer le débit de combustible pendant la même période en utilisant les relevés de l'intégrateur de gaz naturel ou de mazout.
- Convertir les débits de vapeur et de combustible en la même unité de mesure de l'énergie, p. ex., MJ ou kJ.
- Calculer l'efficacité au moyen de l'équation suivante :
  Efficacité = [énergie de la vapeur / énergie du combustible] × 100

L'amélioration de l'efficacité de l'appareillage de chaufferie consiste à réduire les pertes de chaleur, qui prennent diverses formes :

- gaz de combustion;
- surfaces de transfert de chaleur encrassées;
- eau de purge chaude;
- condensat chaud.

### Conseil

Il est possible de calculer la quantité de chaleur rejetée par les gaz de combustion au moyen des mesures de la température des gaz de combustion et de la teneur en oxygène ou en dioxyde de carbone. **Il s'agit du principal paramètre pour le contrôle de l'exploitation de la chaudière.**

### Perte de chaleur par les gaz de combustion

*Excès d'air*

La quantité d'air comburant représente le volume d'air théoriquement nécessaire pour brûler complètement une quantité de combustible donnée. Elle est déterminée par la teneur en oxygène requise pour convertir en dioxyde de carbone et en eau la totalité du carbone et de l'hydrogène du combustible. L'air amené à la chaudière en sus de ce volume théorique constitue ce qu'on appelle « l'excès d'air ». Dans la pratique, il faut toujours un certain excès d'air pour assurer une combustion complète. Toutefois, la plupart des brûleurs fonctionnent avec un excès d'air supérieur à leurs besoins. C'est pourquoi il faut le limiter.

L'excès d'air réduit l'efficacité de la chaudière en absorbant de la chaleur qui serait autrement transférée à l'eau de chaudière, et en l'emportant dans la cheminée. On peut mesurer l'excès d'air au moyen d'un analyseur de gaz de combustion. Si les gaz de combustion renferment un trop grand excès d'air, un technicien qualifié en brûleurs devrait ajuster le brûleur et les registres

d'air comburant pour réduire le niveau d'excès d'air par rapport à la plage de fonctionnement de la chaudière. La chaudière devrait fonctionner dans la « Zone d'efficacité maximale de combustion » (voir la figure 2.4 à la page 88).

On doit se rappeler également qu'en plus de limiter l'excès d'air comburant dans le brûleur, il est tout aussi important de prévenir l'infiltration (admission) d'air indésirable dans la chambre de combustion de la chaudière ou le conduit de fumée en colmatant les fuites et en couvrant les fenêtres d'observation, les garnitures défectueuses et les autres ouvertures.

Le déploiement d'une technologie de combustion moderne, notamment les commandes électroniques, la régulation d'oxygène, les analyseurs et économiseurs de gaz de combustion, permettra de réaliser d'importantes économies globales d'énergie.

*Méthodes de récupération de chaleur*

En utilisant un équipement qui détourne l'énergie thermique des gaz de combustion vers les autres éléments de l'appareillage de chaufferie, on peut réduire considérablement la perte de chaleur par les gaz de combustion. Ainsi, les échangeurs de chaleur appelés « économiseurs » transfèrent la chaleur de ces gaz à l'eau d'alimentation de la chaudière et les préchauffeurs utilisent l'énergie des gaz de combustion chauds pour chauffer l'air comburant.

Un moyen particulièrement éconergétique de récupérer la chaleur consiste à avoir recours à un condenseur de gaz de combustion à contact direct, qui pulvérise de l'eau dans les gaz de combustion et fait passer l'eau chaude vaporisée par un échangeur de manière à transférer la chaleur à l'eau d'appoint de la chaudière ou aux autres procédés de l'usine. Les condenseurs de gaz de combustion récupèrent la chaleur de vaporisation latente et une bonne partie de la chaleur sensible provenant de la vapeur d'eau dans les gaz de combustion; ils peuvent ramener à 38 °C la température des gaz de combustion. La condensation des gaz de combustion par contact présente un avantage accessoire, car elle élimine les particules et les gaz acides (p. ex., le $SO_2$) des rejets.

Un tel système de conception récente fonctionne selon les principes des récupérateurs de chaleur et des échangeurs de vapeur du condenseur, ce qui donne par ailleurs de meilleurs résultats au chapitre de la lutte contre la pollution de l'air. On peut récupérer de 80 à 90 p. 100 de la chaleur des gaz de combustion auparavant rejetée dans l'atmosphère. Il semble que le système permet de réduire la consommation de combustible de l'établissement dans une proportion pouvant atteindre 50 p. 100.

Une autre solution consiste à ajouter une pompe à chaleur afin de convertir la chaleur de basse température en chaleur de haute température pour d'autres usages dans l'usine, et d'améliorer ainsi l'efficacité de la chaudière.

D'autres chaufferies font appel à des brûleurs-récupérateurs de chaleur pour préchauffer l'air comburant. On peut y parvenir grâce à une couche compacte de matériau accumulateur thermique dans chaque brûleur et à un cycle rapide des

## Conseil

Dispose-t-on dans l'usine de sous-produits gazeux du procédé (p. ex., flux d'oxygène, d'hydrogène, d'oxyde de carbone, de biogaz ou d'hydrocarbures résiduaires) qui pourraient servir de combustible supplémentaire gratuit ou à coût modique, pour la chaudière?

Une réduction de 20 °C des gaz de combustion produira une amélioration de 1 p. 100 de l'efficacité de la chaudière.

Une accumulation de 1 mm de tartre peut accroître de 2 p. 100 la consommation de combustible.

**Figure 2.4**
**Zone d'efficacité maximale de combustion**

brûleurs permettant d'accumuler et de récupérer la chaleur en un court laps de temps. L'air comburant est préchauffé à une température atteignant de 85 à 95 p. 100 de celle des gaz de combustion.

Toutes les chaudières bénéficieraient de l'ajout d'un économiseur, d'un réchauffeur d'air ou d'un condenseur de gaz de combustion. Il faut toutefois procéder à une analyse comparative des options disponibles pour déterminer laquelle serait la plus efficace.

### Surfaces d'échange de chaleur encrassées

*Suie et tartre*

L'accumulation de suie sur le côté feu de la surface d'échange de chaleur et de tartre sur le côté eau nuisent au transfert de la chaleur vers l'eau de chaudière. Les surfaces d'échange de chaleur encrassées font augmenter la température des gaz de combustion et accroissent la perte de chaleur en direction de la cheminée. Pour conserver les surfaces d'échange de chaleur exemptes de suie et de tartre, il faut prendre quelques mesures de précaution :

- inspecter minutieusement les surfaces du côté feu et du côté eau chaque fois que l'on arrête le fonctionnement de l'appareillage de chaufferie;
- traiter au besoin l'eau d'alimentation de la chaudière de manière à réduire les dépôts;
- utiliser au besoin des souffleurs de suie, des brosses ou des lances manuelles.

### Eau de purge chaude

Il faut purger périodiquement l'eau de chaudière pour prévenir la formation de tartre. Cependant, si la purge est excessive, on gaspille de la chaleur, de l'eau et des produits chimiques servant à la traiter. La quantité d'eau de purge est souvent supérieure à celle requise pour prévenir la formation de tartre. En outre, la purge est d'ordinaire prévue une fois par jour ou par quart de travail, si bien que la teneur en solides dissous immédiatement après la purge est nettement inférieure au maximum acceptable. Les essais périodiques portant sur les matières dissoutes totales et l'ajustement du taux de purge sont des mesures minimales. Si la purge est effectuée plus souvent pour de plus petits volumes d'eau, on peut maintenir la quantité de solides beaucoup plus près du maximum voulu.

Une fois que le taux de purge optimal a été déterminé, on peut porter attention à la récupération de la chaleur de l'eau de purge, processus qui comporte d'ordinaire deux étapes :

- utiliser un réservoir de détente pour produire de la vapeur à basse pression grâce à la purge (on peut utiliser la vapeur de détente dans d'autres applications de chauffage, p. ex., dans le désaérateur);
- utiliser l'eau qui reste dans l'échangeur de chaleur pour préchauffer l'eau d'appoint.

## Conseil

Au lieu de déclencher la purge à un moment déterminé (p. ex., à 8 h tous les jours) ou d'avoir recours à une purge continue, qui peut provoquer un gaspillage, il pourrait être plus efficace d'amorcer la purge lorsque la conductivité de l'eau de chaudière atteint un niveau déterminé. On trouve maintenant sur le marché des commandes automatiques qui mesurent continuellement.

### Perte de chaleur par le condensat

Dans la mesure du possible, le condensat chaud provenant de l'équipement consommateur de vapeur doit être renvoyé à la chaudière. La perte de condensat provenant du réseau de vapeur accroît la consommation d'eau et de produits chimiques utilisés pour la traiter ainsi que l'énergie thermique nécessaire pour chauffer l'eau d'appoint.

La chaleur peut être perdue sous forme de vapeur de détente formée au moment de l'échappement de condensat sous pression. Il est possible de récupérer une partie de la perte en submergeant la sortie de renvoi du condensat dans le réservoir ou en installant un condenseur à injection sur le dessus du réservoir.

Il est plus efficace d'employer un réseau fermé de condensat de vapeur qui permet le renvoi du condensat à la chaudière dans une boucle fermée sous pression. Ce genre de système utilise moins d'équipement pour produire la vapeur et ne subit aucune perte. Une société minière québécoise est parvenue ainsi à réduire la consommation d'énergie dans une de ses installations de 18 p. 100 par rapport à un réseau ouvert vapeur-condensat ordinaire.

### Facteurs environnementaux

Les mesures d'économie d'énergie qui réduisent la consommation de combustible de chaudière se traduisent par une réduction des émissions de $CO_2$ et d'autres polluants dans l'atmosphère directement proportionnelle à la baisse de combustible consommé. Voir la section 1.1, « Changements climatiques », à la page 1, pour connaître une méthode pratique de calcul de la réduction des émissions résultant des économies de combustible.

La vidange du condensat a également des répercussions environnementales indésirables :

- gaspillage d'eau, de produits chimiques, d'électricité et de combustible;
- introduction dans l'environnement de produits chimiques servant au traitement de l'eau;
- sous l'effet des effluents chauds, accélération de la détérioration des conduites d'égout – c'est pourquoi la plupart des municipalités interdisent le déversement de ces effluents.

Conséquences du drainage inadéquat du condensat :

- coup de bélier (voir la page 100);
- maintenance accrue;
- échange de chaleur inadéquat;
- gaspillage d'énergie.

Le brûleur full-time FDI regenerative burner (FFR), qui fait appel à la technologie d'injection directe de combustible, réduit les émissions de $NO_x$ d'environ 90 p. 100 par rapport aux brûleurs régénérateurs ordinaires. Ce brûleur compact permet non seulement de simplifier et de rationaliser les opérations, mais aussi d'obtenir une réduction de la consommation de l'ordre de 40 à 50 p. 100 et de récupérer l'investissement en deux ans.

## Émissions de $NO_x$

Les oxydes d'azote, désignés collectivement par le symbole $NO_x$, sont issus de la réaction de l'azote et de l'oxygène à haute température dans la chambre de combustion de la chaudière. L'air comburant frais, à teneur élevée en oxygène, constitue la principale source de réactifs. La production de $NO_x$ ne diminuera pas forcément en proportion directe des économies de combustible. La méthode employée le plus couramment pour diminuer la production de $NO_x$ consiste à réduire la température de la flamme au moyen de l'une des techniques suivantes :

- combustion étagée : ajout progressif d'air comburant au combustible à partir de plusieurs emplacements;
- recirculation des gaz de combustion : renvoi d'une partie des gaz de combustion au brûleur, ce qui réduit la température du conduit de fumée et la quantité de réactifs disponibles pour la production de $NO_x$.

Les vastes recherches menées ces dernières années sur la technologie de réduction des émissions de $NO_x$ ont donné lieu au développement de brûleurs qui réduisent ces émissions sans porter atteinte de façon appréciable au rendement thermique. Les techniques se rapportent à des types particuliers de combustibles.

Sauf certaines exceptions (voir le conseil sur la page 89), les techniques visant à limiter les $NO_x$ n'ont pas pour objet d'économiser l'énergie. Toutefois, elles réduisent les émissions de cheminée, ce qui constitue un objectif tout aussi important.

## Possibilités de gestion de l'énergie

Les PGE suivantes s'ajoutent à celles qui ont été mentionnées ailleurs dans la présente section :

*Gestion interne*

- Vérifier régulièrement les procédures de traitement d'eau.
- Exploiter les installations à la pression de vapeur (ou à la température d'eau chaude) la plus basse répondant aux besoins.
- Réduire les variations de charge et planifier, là où cela est possible, la demande de manière à maximiser l'efficacité de la chaudière.
- Vérifier régulièrement l'efficacité de la chaudière.
- Examiner régulièrement les données sur le rendement et les comparer avec les normes en vigueur.
- Mesurer régulièrement l'excès d'air de la chaudière.
- Maintenir le réglage approprié des brûleurs.
- Remplacer ou réparer l'isolant manquant ou endommagé.
- Étalonner les appareils de mesure et faire la mise au point du système de régulation de la combustion périodiquement.

La chaleur rayonnée de l'enveloppe de la chaudière peut-elle être aussi utilisée pour le préchauffage de l'air comburant?

*Faible coût*

- Installer un appareillage de surveillance du rendement.
- Déplacer les prises d'air comburant.
- Ajouter de l'isolant.
- Réduire l'excès d'air de la chaudière.

*Rénovation*

- Installer un économiseur.
- Installer un condenseur de gaz de combustion.
- Installer un préchauffeur d'air comburant.
- Incorporer une pompe à chaleur au système.
- Installer une nouvelle chaudière.
- Moderniser les brûleurs.
- Installer un turbulateur dans les chaudières à tubes de fumée.
- Passer du mazout au gaz (économie d'argent plutôt que d'énergie).
- Installer des éléments chauffants à serpentins électriques.

## Renseignements supplémentaires

Le guide technique *Appareillage de chaufferie* (n° de cat. M91-6-006F) est un ouvrage de référence utile que l'on peut se procurer auprès de RNCan, bien que les passages portant sur l'automatisation ne soient pas à jour. Voir la page vi du présent guide afin de connaître la façon de commander cet ouvrage.

## Fiche d'évaluation – Appareillage de chaufferie

### Excès d'air

Mesurer la quantité d'oxygène dans les gaz de combustion au moyen d'un analyseur de gaz de combustion.

Teneur en oxygène : _____%; excès d'air : _____%

Fait par : _____ Date : _____

***La teneur en gaz naturel de l'excès d'air est-elle inférieure à 10 p. 100?***
***La teneur en hydrocarbures de l'excès d'air est-elle inférieure à 20 p. 100?***

☐ Oui Procéder à une vérification tous les mois afin de respecter la norme.

☐ Non Consulter un technicien qualifié en brûleurs pour déterminer s'il est possible d'ajuster le brûleur afin de réduire l'excès d'air.

Fait par : _____ Date : _____

***Les gaz de combustion sont-ils exempts de combustible?***

☐ Oui Procéder à une vérification tous les mois afin de respecter la norme.

☐ Non Veiller à ce qu'un technicien qualifié ajuste le brûleur pour éliminer les combustibles.

Fait par : _____ Date : _____

### Récupération de la chaleur des gaz de combustion

Mesurer la température des gaz de combustion pour une charge moyenne de la chaudière.

Température : _____°C; charge : _____kg/h

Fait par : _____ Date : _____

***Le système est-il muni d'un économiseur ou d'un réchauffeur d'air?***

☐ Oui Au prochain arrêt d'exploitation de l'équipement :
- s'assurer que l'appareil fonctionne et qu'il n'est pas contourné;
- calculer la chaleur récupérée et comparer avec la récupération prévue à la conception;
- vérifier les ailettes et les tubes pour détecter les dommages éventuels, en particulier ceux attribuables à la corrosion;
- enlever la suie accumulée.

☐ Non Communiquer avec des fournisseurs pour évaluer la possibilité d'installer un économiseur.

Fait par : _____ Date : _____

## Récupération de la chaleur de purge

Le fournisseur des produits chimiques pour le traitement de l'eau devrait évaluer la teneur en solides dissous dans l'eau de chaudière et la fréquence des purges.

Taux de purge : _____ kg/h

Température : _____°C

Fréquence : toutes les _____ heures

Fait par : _____ Date : _____

***Serait-il possible de récupérer de la chaleur provenant de l'eau de purge restante et de l'utiliser à d'autres fins?***

☐ Oui Consulter un ingénieur.

☐ Non Aucune mesure à prendre.

Fait par : _____ Date : _____

***Serait-il approprié de modifier le taux de purge?***

☐ Oui Ajuster le taux de purge et la fréquence.

☐ Non Aucune mesure à prendre.

Fait par : _____ Date : _____

## Renvoi du condensat à la chaudière

Calculer le pourcentage de condensat qui retourne à la chaudière à partir de l'équipement consommateur de vapeur.

***La proportion de condensat renvoyée à la chaudière est-elle inférieure à 80 p. 100?***

☐ Oui Déterminer :

- si le condensat est propre (c.-à-d. s'il ne contamine pas l'appareillage de chaufferie);
- s'il est rentable de renvoyer le condensat à la chaudière.

Si la réponse à ces questions est affirmative, envisager des solutions pour renvoyer davantage de condensat à l'appareillage de chaufferie.

☐ Non Vérifier périodiquement si la situation s'améliore.

Fait par : _____ Date : _____

N.B. : Aux questions types figurant dans la fiche d'évaluation, vous pouvez ajouter celles qui sont propres à votre installation.

**La tuyauterie surdimensionnée :**

- fait augmenter les coûts d'investissement et d'isolation;
- accuse de plus grandes pertes de chaleur de surface.

**La tuyauterie sous-dimensionnée :**

- fait augmenter la pression nécessaire;
- accuse de plus grandes pertes attribuables aux fuites;
- exige plus d'énergie pour le pompage.

## 2.6 Réseaux de vapeur et de condensat

Un réseau de distribution de la vapeur et de renvoi du condensat devrait alimenter efficacement les appareils de chauffage et l'équipement de transformation en vapeur provenant de l'appareillage de chaufferie, et renvoyer le condensat à la chaudière en vue de sa réutilisation. Il y a toujours une certaine perte d'énergie dans ce type de réseau. C'est aux purgeurs de vapeur que sont attribuables les pertes les plus importantes en pareil cas. Mentionnons également les pertes de chaleur attribuables à la tuyauterie et aux raccords (isolés ou non) ainsi qu'aux fuites et à la vaporisation par détente, les pertes de condensat liées à la purge et les pertes se rapportant au réseau dans son ensemble. La présente section vous aidera à détecter les sources de perte d'énergie et à remédier aux problèmes.

### Tuyauterie redondante

Les tuyaux de vapeur redondants ne sont guère utiles. Comme ils sont à la même température que le reste du réseau, ils perdent leur chaleur au même taux, qui est fonction de leur longueur. De plus, on a tendance à négliger les tuyaux redondants en ce qui a trait à la maintenance de l'isolant, aux pertes et aux purgeurs de vapeur. Les pertes de chaleur attribuables aux tuyaux superflus ajoutent par ailleurs à la charge calorifique du bâtiment et par conséquent aux besoins en ventilation et en conditionnement d'air.

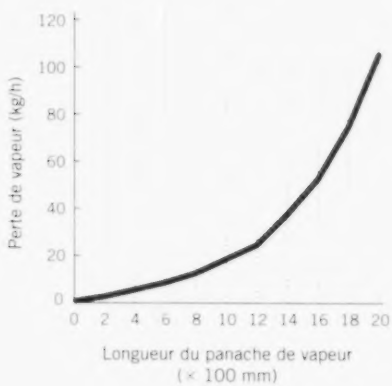
Au moment de revoir ou de rationaliser le réseau de vapeur et de condensat, la première étape devrait toujours consister à éliminer les tuyaux redondants. On estime qu'il est possible dans les installations anciennes de réduire la longueur des tuyaux de l'ordre de 10 à 15 p. 100. Les tuyaux redondants gaspillent l'énergie.

### Fuites de vapeur

Les fuites de vapeur aux raccords des tuyaux, aux valves, aux robinets et aux purgeurs peuvent entraîner des pertes d'énergie considérables. En outre, il faut remplacer l'eau qui fuit du réseau et la traiter au moyen de produits chimiques, ce qui constitue une conséquence moins évidente mais néanmoins coûteuse.

La figure 2.5 ci-contre montre comment calculer la perte horaire attribuable à une fuite de vapeur en mesurant la longueur du panache, soit la distance entre la fuite et le point où la vapeur se condense en eau.

**FIGURE 2.5**
**Perte de vapeur attribuable à une fuite, selon la longueur du panache**



### Pertes attribuables aux purgeurs de vapeur

Les purgeurs de vapeur sont des éléments clés d'un réseau efficace de vapeur et de condensat. Toutefois, les purgeurs défectueux – qui sont difficiles à détecter – constituent l'une des sources majeures de pertes d'énergie. Plusieurs raisons permettent d'expliquer ces pertes :

- Le purgeur reste en position ouverte et permet l'échappement de vapeur vive.
- Le type ou la grosseur de purgeur ne convient pas.
- Le purgeur est installé au mauvais endroit.
- La méthode employée pour installer le purgeur ne convenait pas.

Toutes les installations qui utilisent de la vapeur pour le chauffage ou les procédés devraient faire l'objet d'un programme d'inspection et de maintenance régulières des purgeurs de vapeur.

Les coûts de vapeur additionnels attribuables à un tuyau non isolé de 10 pi de longueur et d'un diamètre de 10 cm représentent plus de deux fois le coût de l'isolation de ce même tuyau avec de la fibre minérale et une enveloppe d'aluminium.

### Perte de chaleur par les tuyaux et les raccords non isolés

Les tuyaux de vapeur à nu ou insuffisamment isolés entraînent un gaspillage constant d'énergie car ils dégagent de la chaleur par rayonnement dans le milieu ambiant plutôt que de l'acheminer à l'équipement qui consomme de la vapeur. Les pertes de chaleur réduisent la pression de vapeur à l'équipement terminal. Cette situation accroît la charge de la chaudière, car il faut de la vapeur supplémentaire pour compenser les pertes.

> La présence de seulement 1 p. 100 d'air (par volume) dans la vapeur peut réduire l'efficacité du transfert de chaleur jusqu'à 50 p. 100.

On doit inspecter fréquemment tous les tuyaux de vapeur. Il faut non seulement isoler les tuyaux à nu, mais aussi inspecter ceux qui ont été isolés et remplacer l'isolant s'il est endommagé. L'isolant en vrac (p. ex., la fibre minérale, la fibre de verre ou la cellulose) devient moins efficace lorsqu'il est humide, et les tuyaux extérieurs sont particulièrement vulnérables à l'humidité. C'est pourquoi l'inspection des tuyaux doit englober les pare-vapeur et les enveloppes à l'épreuve des intempéries.

Un purgeur de vapeur comportant une fuite d'une pression de 100 lb/po$^2$ par un trou d'à peine 0,16 cm de diamètre perdra environ 48 t de vapeur par an, ce qui représente quelque 3,4 t/an (ou 830 gallons impériaux) de mazout par année. Combien cela coûterait-il?

L'épaisseur rentable de l'isolant des tuyaux de vapeur (c.-à-d. l'épaisseur qui permet de réaliser l'économie d'énergie maximale par rapport au coût) est fonction du diamètre des tuyaux et de la température ambiante (voir la figure 2.6 à la page 96). Ce concept est analysé en détail dans le guide technique *Isolation thermique des équipements* (n° de catalogue M91-6-001F), que l'on peut se procurer auprès de RNCan.

**Gaspiller du condensat, c'est gaspiller de l'argent!**

Toutefois, la perte d'énergie ne se limite pas à la tuyauterie. L'équipement de procédé et les appareils de chauffage terminaux peuvent également représenter une importante source de perte.

### Facteurs environnementaux

Les mesures d'économie d'énergie qui diminuent les fuites de vapeur et les pertes de chaleur réduisent les besoins en vapeur, ce qui réduit la consommation de combustible par la chaudière et par le fait même les émissions de gaz à effet

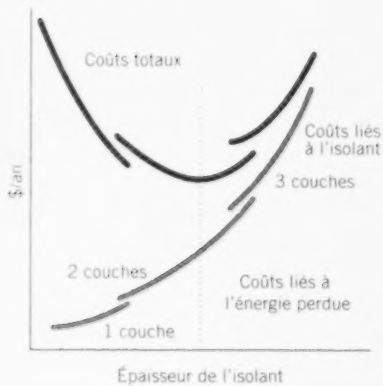
de serre. Voir la section 1.1, « Changements climatiques », à la page 1, pour connaître une méthode pratique de calcul de la réduction des émissions de polluants provenant de la chaudière.

## Possibilités de gestion de l'énergie

*Gestion interne*

- Adopter un programme et des procédures de maintenance des purgeurs de vapeur.
- Vérifier le fonctionnement de l'appareillage et le maintenir en bon état.
- Vérifier et réparer les fuites de vapeur et de condensat.
- Maintenir une bonne qualité de vapeur (p. ex., au moyen d'un programme de traitement chimique).
- Vérifier le réglage des commandes.
- Réparer l'isolant endommagé.
- Éteindre l'équipement lorsqu'il n'est pas utilisé.
- Arrêter le débit de vapeur et de condensat lorsqu'ils ne sont pas nécessaires.

**FIGURE 2.6**
**Détermination de l'épaisseur rentable de l'isolant**




*Faible coût*

- Améliorer la récupération de condensat.
- Remettre en état les postes de réduction de pression.
- Assurer le fonctionnement efficace de l'équipement.
- Isoler les tuyaux, les brides, les raccords et l'équipement non isolés.
- Enlever les tuyaux de vapeur et de condensat redondants.
- Réduire la pression de vapeur dans la mesure du possible.
- Changer la tuyauterie des réseaux ou la raccourcir en déplaçant l'équipement.
- Réparer ou remplacer les évents ou en ajouter.
- Optimiser l'emplacement des capteurs.
- Ajouter de l'équipement de mesure et de surveillance.

*Rénovation*

- Améliorer l'isolation.
- Éliminer l'utilisation de vapeur dans la mesure du possible.
- Adopter un programme de remplacement des purgeurs de vapeur.
- Optimiser le diamètre des tuyaux.
- Récupérer la vapeur de détente.
- Dépressuriser le condensat par étapes.
- Récupérer la chaleur du condensat.
- Renvoyer le condensat sous pression en circuit fermé à la chaudière.
- Mesurer les débits de vapeur et de condensat.

La perte de chaleur provoquée par 10 paires de brides non isolées de diamètre NPS 6 se chiffre à 1 000 $ par an.

## Renseignements supplémentaires

Le guide technique *Réseaux de vapeur et de condensat* (nº de catalogue M91-6-008F), que l'on peut obtenir auprès de RNCan, traite ce sujet en détail. Voir la page vi du présent guide afin de connaître la façon de commander cet ouvrage.

## Fiche d'évaluation – Réseaux de vapeur et de condensat

### Tuyauterie redondante

Examiner les dessins de la tuyauterie mis à jour, le cas échéant, ou inspecter l'établissement pour trouver des possibilités de rationaliser le réseau de vapeur et de condensat.

***Avez-vous découvert des tuyaux redondants qui ne servent pas?***

☐ Oui — S'assurer d'abord qu'il est possible d'isoler le tuyau du reste du réseau. Prévoir ensuite d'enlever les pièces qui ne sont plus nécessaires.

☐ Non — Aucune mesure à prendre.

Fait par : _____ Date : _____

***Le réseau de vapeur et de condensat est-il optimisé en ce qui a trait à l'emplacement de l'équipement consommateur de vapeur, aux dimensions des tuyaux et aux besoins en distribution de vapeur?***

☐ Oui — Aucune mesure à prendre.

☐ Non — Demander à un entrepreneur qualifié de remanier le réseau de vapeur et de condensat pour l'optimiser. S'il y a lieu, examiner la possibilité de rapprocher la production et la distribution de vapeur de l'équipement qui l'utilise.

Fait par : _____ Date : _____

### Fuites de vapeur

À l'aide de matériel de détection approprié (p. ex., un détecteur à ultrasons, des tiges d'écoute, un pyromètre, un stéthoscope), inspecter l'équipement pour détecter les fuites de vapeur.

***Avez-vous découvert des fuites?***

☐ Oui — En vous servant de la figure 2.5 à la page 94, estimer la perte de vapeur attribuable aux fuites.

Prendre les mesures nécessaires pour réparer toutes les fuites dès que possible.

☐ Non — Procéder à une vérification tous les mois afin de respecter la norme.

Fait par : _____ Date : _____

***Les purgeurs et les soupapes de vapeur ont-ils des fuites?***

☐ Oui — Si la vapeur s'échappe, réparer les fuites dès que possible.

☐ Non — Pour déterminer si l'équipement fonctionne correctement, demander à un entrepreneur qualifié ou à un représentant du fabricant des purgeurs et des soupapes de vapeur de vérifier le réseau au moyen d'un détecteur de fuites à ultrasons.

S'il n'y a aucune fuite de vapeur, procéder à une vérification mensuelle afin de respecter la norme.

Fait par : _____ Date : _____

## isolation

Inspecter l'établissement et noter si les tuyaux sont isolés et, le cas échéant, l'état de l'isolant.

***Les tuyaux sont-ils isolés?***

☐ Oui — Aucune mesure à prendre.

☐ Non — Installer dès que possible une épaisseur d'isolant rentable (voir le guide technique *Isolation thermique des équipements* pour estimer les économies possibles).

Fait par : _____ Date : _____

***L'isolant est-il sec?***

☐ Oui — Procéder à une vérification mensuelle afin de respecter la norme.

☐ Non — Repérer la source d'humidité et corriger le problème – p. ex., s'il y a une fuite dans un tuyau, la réparer.

Remplacer l'isolant.

Fait par : _____ Date : _____

***L'isolant, le pare-vapeur et l'enveloppe sont-ils intacts?***

☐ Oui — Procéder à une vérification mensuelle afin de respecter la norme.

☐ Non — Remplacer le matériau endommagé.

Fait par : _____ Date : _____

***Existe-t-il un matériau isolant plus efficace?***

☐ Oui — Évaluer l'aspect financier du remplacement de l'isolant actuel par un autre type d'isolant. Consulter un spécialiste indépendant.

☐ Non — Aucune mesure à prendre.

Fait par : _____ Date : _____

***L'isolant est-il assez épais? (Il doit être froid au toucher.)***

☐ Oui — Aucune mesure à prendre.

☐ Non — Envisager d'ajouter de l'isolant (consulter le fabricant ou un entrepreneur en isolation pour déterminer si l'ajout d'isolant serait économique).

Fait par : _____ Date : _____

N.B. : Aux questions types figurant dans la fiche d'évaluation, vous pouvez ajouter celles qui sont propres à votre installation.

## 2.7 Équipement de chauffage et de refroidissement (vapeur et eau)

Dans la présente section, nous examinerons uniquement le chauffage et le refroidissement indirects, c.-à-d. les situations où la vapeur ou l'eau de refroidissement est séparée du produit récepteur par une membrane.

L'équipement chauffé à la vapeur et refroidi à l'eau sert à de nombreuses fonctions importantes inhérentes au procédé. L'efficacité du chauffage et du refroidissement de l'équipement repose sur plusieurs éléments :

La vapeur et le condensat doivent toujours circuler dans la même direction.

- libre transfert thermique, tant de la vapeur au procédé que du procédé à l'eau de refroidissement, ce qui nécessite que les surfaces de transfert de chaleur soient propres et que l'air et le condensat soient isolés de la vapeur;
- retrait rapide du condensat de l'équipement de procédé;
- limitation des pertes et des gains de chaleur provenant de l'équipement de procédé;
- utilisation de l'équipement de procédé uniquement lorsqu'il est nécessaire;
- détection et réparation rapides des fuites de vapeur et d'eau.

### Propreté des surfaces de transfert de chaleur

Les surfaces entre la vapeur et le produit à réchauffer doivent être aussi propres que possible. L'accumulation de tartre, du côté vapeur, ou de boue, du côté procédé, réduit considérablement l'efficacité du transfert de chaleur. Dans l'équipement refroidi à l'eau, l'accumulation sur les surfaces de transfert cause des problèmes similaires.

Cette situation se manifeste dans un système de chauffage par une augmentation de la pression de vapeur et dans un système de refroidissement par une augmentation du débit de l'eau de refroidissement. Dans les deux cas, le système fonctionne de manière à compenser la réduction de l'efficacité du transfert de chaleur attribuable au tartre ou à la boue.

### Évacuation du condensat

Les problèmes attribuables au condensat sont généralement liés au fait que celui-ci ne peut être purgé à mesure qu'il se forme. L'accumulation de condensat entrave la production de chaleur industrielle en empêchant l'admission de vapeur dans l'équipement.

Des purgeurs de vapeur, des serpentins de vapeur et des échangeurs de chaleur défectueux sont généralement à l'origine des problèmes attribuables au condensat. En ce qui a trait aux purgeurs de vapeur, il faut choisir des appareils du bon type et de la bonne grosseur. Il faut aussi les installer correctement et les maintenir en bon état de fonctionnement. Les serpentins de vapeur et les échangeurs de chaleur

doivent aussi être installés correctement et maintenus en bon état de fonctionnement pour assurer une purge efficace du condensat. Dans un échangeur de chaleur, une purge efficace permet également de s'assurer que le condensat accumulé n'entraîne pas de coup de bélier. L'expression *coup de bélier* désigne une augmentation de la pression dans une canalisation attribuable à une variation soudaine ou à une interruption du débit – p. ex., lorsque la vapeur instantanée est obstruée par un condensat purgé de façon inadéquate. La vapeur pousse le condensat par « coups ». Ce phénomène est accompagné du bruit sec et des vibrations d'un « bélier » qui sollicite mécaniquement la tuyauterie et entraîne souvent de graves dommages.

### Isolation thermique de l'équipement de chauffage et de refroidissement

L'équipement de chauffage non isolé accroît la charge du réseau de vapeur, qui doit compenser la chaleur perdue dans le milieu ambiant. En posant de l'isolant sur les surfaces extérieures de l'équipement de chauffage, on réduit cette perte de chaleur. Pour calculer la perte attribuable à l'équipement et à la tuyauterie, se reporter aux figures 2.5 et 2.6 aux pages 94 et 96 ainsi qu'aux feuilles de travail 9-4 et 9-5 dans le guide technique *Chauffage et refroidissement (vapeur et eau)* [nº de catalogue M91-6-009F], que l'on peut obtenir de RNCan.

De même, l'absence d'isolant sur l'équipement de refroidissement accroît la charge de refroidissement, car alors le système de refroidissement extrait également de la chaleur provenant du milieu ambiant. En posant de l'isolant sur les surfaces extérieures de l'équipement, on réduit le taux de transfert thermique à partir du milieu ambiant.

### Facteurs environnementaux

En améliorant l'efficacité des systèmes de chauffage et de refroidissement, on économise l'énergie tout en réduisant le rejet de polluants des chaudières qui produisent de la chaleur dans l'usine et les polluants émis par les chaudières des centrales thermiques. Voir la section 1.1, « Changements climatiques », à la page 1, pour obtenir de plus amples renseignements.

## Possibilités de gestion de l'énergie

*Gestion interne*

- Réparer les fuites.
- Réparer l'isolant endommagé.
- Assurer le bon fonctionnement des instruments.
- Vérifier et entretenir les séparateurs et les purgeurs de vapeur.
- Nettoyer les surfaces de transfert de la chaleur.
- Vérifier la qualité de la vapeur et s'assurer qu'elle demeure appropriée.
- Réduire dans la mesure du possible la température et la pression de la vapeur.
- S'assurer que les serpentins de chauffage sont inclinés pour évacuer le condensat.

*Faible coût*

- Éteindre l'équipement non utilisé.
- Verrouiller les commandes.
- Faire fonctionner l'équipement à sa capacité optimale.
- Poser des évents thermostatiques.
- Ajouter des dispositifs de mesure et de surveillance.
- Contrôler l'accès aux dispositifs.

*Rénovation*

- Passer du chauffage indirect à la vapeur, au chauffage direct, s'il y a lieu.
- Poser un isolant ou améliorer l'isolant en place.
- Utiliser la chaleur de l'équipement pour chauffer le bâtiment.
- Stabiliser la demande de vapeur et d'eau en modifiant l'horaire des opérations de manière à réduire la demande de pointe.
- Récupérer la chaleur des rejets – choisir parmi les options possibles (y compris les pompes à chaleur).

## Renseignements supplémentaires

On trouvera de plus amples renseignements dans le guide technique *Réseaux de vapeur et de condensat* (n° de catalogue M91-6-008F), que l'on peut se procurer auprès de RNCan. Voir la page vi du présent guide afin de connaître la façon de commander cet ouvrage.

## Fiche d'évaluation – Équipement de chauffage et de refroidissement

### Transfert thermique

Inspecter dès que possible l'état des surfaces de transfert thermique et consigner la température et la pression de la vapeur ainsi que la température et le débit de l'eau de refroidissement.

***Les surfaces de transfert thermique sont-elles propres et exemptes de tartre?***

☐ Oui — Procéder périodiquement à une vérification afin de respecter la norme.

☐ Non — Enlever dès que possible le tartre et les dépôts pour rétablir l'efficacité du transfert thermique.

Adopter un programme et une procédure de nettoyage réguliers.

Fait par : _____ Date : _____

***Si la température ou la pression de la vapeur semble plus élevée que l'exige le procédé, peut-on la réduire sans nuire aux autres équipements à vapeur?***

☐ Oui — Vérifier si les besoins liés au procédé ont changé.

Vérifier si les surfaces de transfert thermique sont propres.

Dans la mesure du possible, réduire la pression d'alimentation.

☐ Non — Aucune mesure à prendre.

Fait par : _____ Date : _____

### Réseau de condensat

Inspecter les purgeurs de vapeur de l'équipement chauffé à la vapeur.

***Les purgeurs sont-ils du type et de la grosseur appropriés pour l'application? Ont-ils été installés conformément aux prescriptions du fabricant?***

☐ Oui — Vérifier chaque purgeur de vapeur pour s'assurer qu'il ne présente pas de fuites et qu'il fonctionne correctement.

☐ Non — Remplacer les purgeurs qui ne conviennent pas par des purgeurs du type approprié.

Réinstaller les purgeurs qui ont été installés de façon inadéquate.

Fait par : _____ Date : _____

Observer l'installation des échangeurs de chaleur et des serpentins de chauffage.

***Les serpentins et les échangeurs de chaleur sont-ils orientés de manière à permettre de bien évacuer le condensat? Les garnitures sont-elles intactes?***

☐ Oui Aucune mesure à prendre.

☐ Non Veiller à réorienter dès que possible les serpentins et les échangeurs de chaleur.

Remplacer les garnitures et adopter un programme d'entretien préventif.

Fait par : _____ Date : _____

## Isolation

Vérifier l'état de l'isolant sur tout l'équipement chauffé à la vapeur ou refroidi à l'eau.

***L'équipement chauffé à la vapeur ou refroidi à l'eau est-il entièrement isolé?***

☐ Oui Veiller à ce que l'équipement soit recouvert d'une épaisseur d'isolant rentable.

☐ Non Poser une épaisseur d'isolant rentable sur tout équipement non isolé (se reporter au guide technique *Isolation thermique des équipements*, nº de catalogue M91-6-001F).

Fait par : _____ Date : _____

***L'isolant est-il propre, sec et intact?***

☐ Oui Procéder périodiquement à une vérification afin de respecter la norme.

☐ Non Repérer la source d'humidité et réparer les fuites.

Réparer ou remplacer l'isolant endommagé.

Fait par : _____ Date : _____

## Fonctionnement et maintenance

Observer l'équipement pendant son fonctionnement.

***Y a-t-il de la vapeur ou de l'eau de refroidissement acheminée à de l'équipement qui ne sert pas?***

☐ Oui Couper l'alimentation en vapeur ou en eau de refroidissement vers l'équipement non utilisé.

☐ Non Aucune mesure à prendre.

Fait par : _____ Date : _____

***Y a-t-il des fuites de vapeur, de condensat ou d'eau de refroidissement dans l'équipement ou dans les tuyaux d'alimentation?***

☐ Oui Réparer les fuites dès que possible.

☐ Non Vérifier fréquemment afin de respecter la norme.

Fait par : _____ Date : _____

***Peut-on remplacer l'eau refroidie par de l'eau de puits?***

☐ Oui Demander à un spécialiste de concevoir un système de refroidissement à l'eau de puits.

Examiner la possibilité d'intégrer une pompe géothermique.

☐ Non Aucune mesure à prendre.

Fait par : _____ Date : _____

N.B. : Aux questions types figurant dans la fiche d'évaluation, vous pouvez ajouter celles qui sont propres à votre installation.

## 2.8 Systèmes de chauffage, de ventilation et de conditionnement d'air

Quantité de types de systèmes de chauffage, de ventilation et de conditionnement d'air (CVC) sont utilisés dans les installations, tant pour le confort des occupants que pour les besoins des procédés. Ces systèmes sont généralement conçus de manière à compenser les pertes et les gains de chaleur, à assurer la ventilation et à régler la température et l'humidité.

Dans certains cas, l'amélioration des systèmes CVC permet d'économiser davantage au chapitre des coûts d'énergie que toute autre amélioration apportée au sein de l'installation.

Tout programme de gestion de l'énergie relatif aux systèmes CVC devrait commencer par une évaluation des appareils en place pour déterminer le type de systèmes, leur fonction et leur mode d'exploitation. Cette évaluation aidera à détecter le gaspillage d'énergie et les possibilités d'amélioration de l'efficacité.

Puisque les systèmes CVC varient grandement d'une usine à l'autre, on observera des variations considérables au chapitre de la réduction des coûts et de l'amélioration du rendement énergétique. Trois facteurs importants déterminent la consommation d'énergie de ce type de système :

Il faut 40 kW d'énergie pour chauffer 1 $m^3$ d'air de –12 °C à 21 °C.

- la qualité du contrôle de la température et la qualité de l'air ambiant requises;
- la production de chaleur interne provenant de l'éclairage et de l'équipement;
- la conception et l'aménagement du bâtiment.

Comme en témoignent d'autres programmes offerts par l'Office de l'efficacité énergétique de Ressources naturelles Canada, par exemple le Programme d'encouragement pour les bâtiments commerciaux et le Programme des bâtiments commerciaux performants C-2000, on ne peut vraiment traiter individuellement les différents aspects des systèmes CVC et de la conception des bâtiments, car ils influent les uns sur les autres.

### Possibilités de gestion de l'énergie

*Gestion interne*

De toute évidence, le plan de réduction des coûts énergétiques doit commencer par l'amélioration des pratiques de maintenance relatives à l'énergie. Pour ce faire, il faut dans une large mesure amener les gens à changer leurs habitudes et faire valoir les économies d'énergie. Voici certaines activités qui nécessitent peu d'investissement, sinon aucun :

- Éteindre l'équipement quand il n'est pas utilisé ou pendant les périodes d'inoccupation.
- Éteindre les lumières, les ordinateurs, les photocopieurs et les autres équipements qui produisent de la chaleur lorsqu'ils ne sont pas nécessaires; améliorer la technologie d'éclairage.
- Envisager d'utiliser davantage l'éclairage naturel (du côté nord) dans la mesure du possible.
- Vérifier et étalonner l'appareillage de commande, p. ex., les thermostats d'ambiance, les régulateurs de température de l'air et de l'eau, bien les régler et vérifier le réglage des minuteries.

## Conseil

Mettre en œuvre un programme de maintenance planifiée pour diminuer les possibilités de bris des composants du système CVC.

## Conseil

Envisager d'améliorer les fenêtres et les portes : fenêtres isolantes à faible émissivité à double ou triple vitrage, fenêtres recouvertes d'un revêtement réfléchissant et portes isolées.

- Établir les températures minimale et maximale de chauffage et de refroidissement pendant les périodes d'occupation et d'inoccupation, et régler les commandes en conséquence.
- Régler le débit d'air selon les périodes d'occupation et l'utilisation des locaux.
- Veiller à ce que les évents soient ouverts l'été et fermés l'hiver.
- Rajuster et resserrer les accouplements de registres.
- Vérifier et rajuster la tension des courroies et l'alignement des arbres sur les moteurs des ventilateurs et des pompes.
- Vérifier les filtres du réseau d'air et les remplacer au besoin pour éviter de restreindre les flux d'air.
- Fermer les systèmes d'évacuation d'air et d'air d'appoint des pièces telles que les cuisines et les buanderies lorsqu'elles ne servent pas.
- Remplacer l'isolant endommagé ou manquant sur les circuits de tuyaux et de conduits.
- Remplacer ou réparer les conduits du système d'air qui sont écrasés ou qui fuient.
- Nettoyer les surfaces d'échange de chaleur, les appareils de chauffage et les serpentins de chauffage.

### Mesures de réduction des coûts

Le chauffage ou le refroidissement d'un volume excessif d'air extérieur constitue l'une des principales sources de gaspillage. L'air extérieur excédentaire s'introduit dans les bâtiments par infiltration ou par les systèmes CVC.

*Réduction des gains de chaleur*

En réduisant les gains de chaleur dans les locaux climatisés, on réduira par le fait même la demande d'énergie pour assurer le refroidissement. Différentes mesures permettent de réduire ces gains :

- améliorer les matériaux du bâtiment (p. ex., l'isolation et les écrans pare-soleil);
- protéger le bâtiment au moyen d'arbres d'ombrage;
- réduire l'éclairage dans la mesure du possible (c.-à.-d. améliorer le système d'éclairage);
- envisager de recourir davantage à l'éclairage naturel (particulièrement du côté nord);
- ajouter de l'isolant sur les surfaces chaudes;
- isoler l'équipement qui produit de la chaleur et installer un dispositif local d'évacuation d'air et d'air d'appoint;
- bloquer les fenêtres non nécessaires.

L'hiver, il faut 14,6 kW d'énergie pour porter 1 $m^3$ d'air extérieur à une humidité relative de 40 p. 100 et à 21 °C.

*Réduction des pertes de chaleur*

En réduisant les pertes de chaleur, on économise de l'énergie utilisée pour le chauffage tout en améliorant les conditions de travail et la productivité des travailleurs. Le cas échéant, les mesures suivantes se révéleront efficaces :

- améliorer l'isolation du bâtiment;
- isoler les canalisations froides, p. ex., les tuyaux et les conduits;
- bloquer les fenêtres non nécessaires;
- améliorer les fenêtres et les portes (voir le conseil sur la page 106);
- réparer les fuites d'air vers l'extérieur (exfiltration).

## Réduction des besoins en humidification

Généralement dictée par le procédé mis en œuvre, l'humidification requise en milieu industriel peut exiger beaucoup d'énergie.

- Examiner les degrés d'humidification existants visant à assurer le confort et à répondre aux besoins liés à la production. Est-il possible de les réduire?
- Dans le cadre de la maintenance de routine, procéder fréquemment à des nettoyages et suivre de près l'état de l'eau utilisée pour assurer l'humidification, dans le but d'assurer un fonctionnement efficace et d'éviter que d'autres éléments du système CVC soient endommagés.
- Examiner le recours à la pulvérisation d'eau à haute pression plutôt qu'à un système d'humidification à air comprimé, pour réaliser des économies d'énergie considérables (p. ex., une entreprise a remplacé un compresseur de 140 HP servant à l'humidification par une pompe de 7,5 HP requise pour la pulvérisation).

En Ontario seulement, on dépense plus de 600 millions de dollars par an pour chauffer l'air d'appoint destiné uniquement aux bâtiments.

*Adoption d'un système de gestion de l'énergie*

Dans la plupart des usines, des entrepôts et des bureaux qui fonctionnent moins de 24 heures par jour ou moins de 7 jours par semaine, on peut réaliser des économies d'énergie en abaissant la température et en réduisant le débit de ventilation pendant les périodes inoccupées. Selon la complexité du système CVC, l'adoption d'un système de gestion de l'énergie peut se révéler fort simple (p. ex., l'installation de thermostats programmables) ou complexe (p. ex., l'installation de commandes numériques entièrement directes).

- Installer des commandes à autorégulation pour les systèmes d'éclairage et de ventilation.
- Interrelier les commandes des locaux chauffés et climatisés au moyen de systèmes distincts, afin d'éviter que les systèmes de chauffage et de refroidissement ne fonctionnent en même temps.

CANMET a aidé une petite entreprise canadienne à mettre au point un système qui fait appel à une pompe à chaleur pour récupérer les faibles pertes de chaleur par la ventilation. Le coefficient de performance saisonnier de cette boucle a atteint 5,2.

- Ajouter des analyseurs de charge aux commandes des systèmes de canalisation multizone ou à deux conduits pour optimiser l'absorption du chaud ou du froid par le liquide.
- Installer des analyseurs de charge dans les commandes des systèmes de réchauffage terminaux pour optimiser la température de l'air d'admission et réduire la charge calorifique.

### Autres PGE à faible coût

- Installer des minuteries pour éteindre le réseau de ventilation ou passer à une recirculation intégrale lorsque le local est inoccupé.
- Installer des mécanismes de verrouillage des commandes pour éteindre les pompes du système de chauffage ou de refroidissement lorsqu'il n'est pas nécessaire de chauffer ni de refroidir l'air.
- Installer des commandes d'économiseur sur le système central de traitement de l'air pour utiliser l'air extérieur plutôt que le système de refroidissement aux moments opportuns.
- Ajouter des vannes automatiques sur les appareils de chauffage autonomes et ventiloconvecteurs pour interrompre le débit d'eau ou de vapeur lorsque les ventilateurs ne fonctionnent pas.
- Envisager d'installer des variateurs de vitesse sur un refroidisseur centrifuge – ce qui permet de réaliser des économies pouvant atteindre 40 p. 100 par rapport aux coûts liés à un refroidisseur courant.
- Recouvrir les thermostats et les commandes automatiques d'un couvercle verrouillable pour éviter qu'ils soient manipulés ou réglés sans autorisation.

Dans un cas où il fallait répondre rapidement aux demandes de chauffage ou de conditionnement d'air, on a installé des pompes à chaleur – chaque pompe pouvant servir au chauffage ou au refroidissement – avec un système de récupération de la chaleur. Les coûts d'immobilisation et de fonctionnement s'en sont trouvés considérablement réduits.

### Rénovation

*Récupération de la chaleur*

Un moyen efficace de réduire les coûts d'énergie liés au système CVC consiste à avoir recours à une technologie de récupération de la chaleur. Toutefois, *la maintenance constitue le problème le plus important dans le cas de ces systèmes.* Dans une usine, on concentre souvent les efforts sur la production au détriment de tous les autres éléments, notamment la maintenance des systèmes de récupération de la chaleur. L'entretien inadéquat d'un tel système risque de neutraliser les économies d'énergie et d'entraîner une détérioration de la qualité de l'air intérieur.

Dans ces systèmes, on transfère la chaleur du bâtiment et de l'air évacué par les procédés pour chauffer l'air d'appoint en hiver et le refroidir en été. La chaleur latente et la chaleur sensible peuvent toutes deux être récupérées et, si l'usine est humidifiée, cela permet parfois de réaliser des économies considérables. Un système de récupération de la chaleur donnera des résultats optimaux dans les conditions suivantes :

- volume d'évacuation élevé et grande différence de température entre l'air admis et l'air évacué, en particulier si l'évacuation est localisée;
- nécessité de maintenir un taux d'humidité élevé à l'intérieur;
- faible production de chaleur interne dans l'usine;
- existence d'un réseau d'air d'appoint muni de conduits.

On devrait envisager d'installer un système de récupération de la chaleur si au moins l'une de ces conditions est remplie. En pareil cas, cette mesure peut s'avérer économique. En règle générale, il est possible de récupérer 65 p. 100 de la chaleur évacuée et de recouvrer le coût de l'investissement requis dans un délai raisonnable. Toutefois, les innovations récentes de la technologie permettent même de récupérer la chaleur à partir de flux d'air où la différence de température est faible.

Il existe plusieurs catégories d'équipement de récupération de la chaleur :

- roue à chaleur;
- échangeur à tube;
- échangeur à surface fixe air-air;
- récupérateur à boucle de circulation de glycol;
- système faisant appel à une pompe à chaleur.

Chaque type de système présente des avantages et des inconvénients. Il faut analyser minutieusement les applications pour choisir celle qui convient le mieux.

### *Modernisation de l'équipement*

En modifiant ou en convertissant un système CVC inefficace pour le rendre plus éconergétique, on réalisera par le fait même des économies d'énergie. Par exemple :

- Les variateurs de vitesse pour les ventilateurs et les pompes améliorent l'efficacité du fonctionnement du système CVC et réduit les coûts.
- La conversion de systèmes de réchauffage terminaux à volume constant en systèmes à volume d'air variable permet d'économiser l'énergie consommée pour alimenter les ventilateurs et assurer le chauffage et le refroidissement. Il est également possible de réaliser des économies en convertissant les systèmes multizones et à deux conduits en systèmes à volume d'air variable.
- Dans les secteurs où les pertes de chaleur sont élevées, p. ex., dans les aires d'expédition et de réception et les postes de réparation de véhicules, le remplacement de systèmes courants de chauffage à convection par des appareils à infrarouge alimentés au gaz permettra d'économiser l'énergie. Avec les systèmes de chauffage par rayonnement, il est possible de maintenir une température beaucoup plus basse dans les locaux sans que le confort des occupants n'en souffre.
- Il est avantageux de remplacer les appareils de chauffage par résistance électrique – qui entraînent les coûts de fonctionnement les plus élevés – notamment par le chauffage direct ou indirect au gaz ou (dans la mesure du possible) par des chaudières.

En hiver, on peut avoir recours au refroidissement naturel au moyen d'économiseurs pour les appareils et les systèmes de traitement d'air installés sur le toit, et éliminer ainsi la nécessité de réfrigérer.

- Il existe plusieurs possibilités en ce qui a trait aux systèmes à eau réfrigérée :
  - On peut utiliser des tours de refroidissement ou des échangeurs de chaleur à plaques.
  - Au Canada, l'eau de puits est généralement assez froide pendant toute l'année pour remplacer l'eau réfrigérée; cette source d'eau à température constante permet de réaliser des économies pouvant atteindre environ 75 p. 100. S'il s'agit de nouveaux systèmes, on peut également économiser au chapitre des coûts d'immobilisations.
  - De plus en plus, les systèmes à pompes géothermiques peuvent offrir la plus grande efficacité ainsi que plusieurs avantages accessoires.

*Sources d'énergie de remplacement*

Il est possible de réduire les coûts d'énergie en remplaçant les sources à coût élevé par des sources meilleur marché. Il s'agit là d'une option très souvent négligée. On doit bien sûr explorer les sources d'énergie de remplacement compte tenu du développement de diverses technologies à l'échelle mondiale et par le Centre canadien de la technologie des minéraux et de l'énergie (CANMET) de RNCan, qui constitue une précieuse mine de renseignements (voir l'annexe C à la page 203 du présent guide).

## Énergie solaire

Les « murs accumulateurs de chaleur » et de nouveaux dispositifs similaires utilisent l'énergie solaire pour tempérer l'air extérieur en hiver. La période de récupération des sommes investies est raisonnable. Le type de mur accumulateur de chaleur breveté mis au point au Canada est constitué d'un capteur métallique conçu de façon à assurer la ventilation au moyen d'air (d'appoint) préchauffé dans les bâtiments qui ont des murs de grande surface du côté sud. Il capte l'énergie solaire, ajoute à l'isolation du bâtiment et assure une déstratification de l'air intérieur. Il est parfois possible de récupérer le coût d'un tel système en un an à peine.

## Pompes géothermiques

La chaleur contenue dans l'eau souterraine peut être utilisée gratuitement ou à peu de frais, tant pour le système CVC que pour le chauffage lié aux procédés. Nombre de systèmes récemment mis au point font appel à des pompes géothermiques seules ou en association avec d'autres systèmes. Ces systèmes se prêtent à des utilisations variées; p. ex., ils servent à chauffer l'eau dans une écloserie canadienne et à répondre jusqu'à 88 p. 100 aux besoins de chauffage et de refroidissement d'un gros hôpital et d'un ensemble résidentiel en Suède et en Norvège respectivement.

### Refroidissement par rayonnement et par évaporation; accumulation thermique

Pendant les périodes sans gel au Canada, il est possible de refroidir par rayonnement ou par évaporation de l'eau de refroidissement des systèmes CVC en la pulvérisant sur une surface plate ou légèrement inclinée, particulièrement la nuit. Cette eau est par la suite filtrée, stockée et acheminée pour refroidir les installations la journée suivante, ce qui permet de réduire considérablement la puissance des systèmes classiques. Des économies d'énergie nettes de plus de 50 p. 100 ont été réalisées au chapitre du refroidissement.

N.B. : Il ne faudrait pas confondre cette pratique avec la pulvérisation ou l'injection d'eau sur les toits plats pendant les journées chaudes pour refroidir par évaporation l'intérieur des immeubles. Ces pratiques entraînent un gaspillage d'eau.

### Chaleur résiduaire des procédés

En jetant un regard neuf sur les possibilités liées à la chaleur résiduaire des procédés dans une usine, on peut réaliser des économies étonnantes. Ainsi, un fabricant de produits chimiques a apporté des modifications qui lui ont permis de récupérer une partie de l'eau de refroidissement d'un procédé, qu'il jetait habituellement, et de l'utiliser pour réchauffer l'air d'appoint dans plusieurs bâtiments. Le délai de récupération simple des coûts de ce projet a été de moins de quatre ans.

### Autres possibilités de rénovation

- Installer des unités locales de traitement d'air (p. ex., des filtres à air électroniques, des filtres au charbon activé pour l'élimination des odeurs, des filtres haute efficacité), afin d'accroître (dans une mesure pouvant parfois atteindre 100 p. 100) la recirculation de l'air intérieur et de réduire la quantité d'air extérieur requise pour la ventilation.
- Installer un réseau d'air distinct dans les secteurs qui comportent des besoins particuliers qui influent sur le fonctionnement d'un grand système central (p. ex., ceux où il y a un gain de chaleur important ou où l'occupation varie).
- Pour réduire la ventilation globale, faire circuler l'air conditionné provenant des locaux qui nécessitent un environnement de grande qualité vers ceux qui comportent des exigences moindres.
- Installer un système informatisé de gestion de l'énergie pour surveiller et intégrer la fonction de commande des systèmes énergétiques d'un bâtiment, y compris le système d'éclairage et le système CVC.
- Envisager d'installer un nouveau système de pompes à chaleur au lieu d'un système de conditionnement d'air s'il faut chauffer en hiver. Le coût plus élevé de l'équipement sera compensé par la réduction du coût de chauffage pendant l'hiver.

## Facteurs environnementaux

Des économies d'énergie réalisées au chapitre des systèmes CVC et la réduction des émissions polluantes connexes découlent de la réduction de la consommation d'énergie aux fins de chauffage et de refroidissement, d'humidification et de déshumidification des locaux ainsi que d'alimentation des ventilateurs et des pompes. Voir la section 1.1, « Changements climatiques », à la page 1, pour obtenir des renseignements sur la marche à suivre pour calculer les réductions.

Au moment de la conception d'un système CVC, il convient de porter une attention particulière à l'installation de refroidissement. Outre le fait que ce type d'installation exige des investissements plus élevés qu'une installation de chauffage, les réfrigérants utilisés peuvent poser un problème environnemental. En tant que signataire du Protocole de Montréal de 1987 sur les substances qui appauvrissent la couche d'ozone, le Canada s'est engagé à réglementer et à éliminer graduellement les émissions de chlorofluorocarbures (CFC) et d'hydrochlorofluorocarbures (HCFC), qui englobent les frigorigènes courants. Il faut procéder avec beaucoup de soin au moment de choisir et de manipuler les frigorigènes et de réparer les fuites (qui pourraient avoir été détectées lors de la vérification énergétique d'un système CVC) conformément aux règlements fédéraux et provinciaux.

Le présent guide ne couvre pas les CFC qui sont libérés dans l'environnement au moyen de fuites et qui relèvent donc de la maintenance plutôt que de la consommation d'énergie.

## Renseignements supplémentaires

Le guide technique *Chauffage, ventilation et conditionnement d'air* (nº de catalogue M91-6-010F), que l'on peut se procurer auprès de RNCan, commence à dater, mais il demeure un bon outil de référence. Voir la page vi du présent guide pour connaître la façon de commander cet ouvrage.

## Fiche d'évaluation – Systèmes CVC

### Gestion interne

Vérifier le fonctionnement des ventilateurs de soufflage et d'évacuation ainsi que des appareils de conditionnement d'air et d'air d'appoint.

***Certains équipements sont-ils laissés en marche dans des aires inoccupées?***

☐ Oui — Éteindre l'équipement lorsqu'il n'est pas nécessaire.

Installer des commandes à minuterie pour éteindre l'équipement après les heures de travail.

☐ Non — Vérifier mensuellement afin de respecter la norme.

Fait par : _____ Date : _____

Vérifier le réglage des thermostats.

***Le réglage est-il approprié pour la saison, p. ex., 22 °C en hiver et 24 °C en été?***

☐ Oui — Étalonner les thermostats au printemps (début de la saison de climatisation) et à l'automne (début de la saison de chauffage).

☐ Non — Régler les thermostats à la température acceptable la plus basse en hiver et la plus élevée en été.

Fait par : _____ Date : _____

***Les thermostats sont-ils programmables?***

☐ Oui — Vérifier la température de consigne de nuit. L'hiver, elle doit être de 2 à 3 °C inférieure à la température de consigne de jour; l'été, elle doit être de 2 à 3 °C supérieure.

☐ Non — Installer des thermostats programmables dans les aires laissées inoccupées la nuit ou la fin de semaine.

Fait par : _____ Date : _____

Vérifier la tension des courroies des ventilateurs et des pompes.

***La tension et l'alignement des courroies sont-ils corrects?***

☐ Oui — Vérifier mensuellement afin de respecter la norme.

☐ Non — Ajuster la tension des courroies et aligner les raccords.

Fait par : _____ Date : _____

Vérifier les évents, les registres et les accouplements de registres d'usage saisonnier.

***Les évents sont-ils fermés? Les registres ferment-ils de façon étanche?***

☐ Oui Procéder à une vérification au moins une fois par saison afin de respecter la norme.

☐ Non Réparer ou remplacer les accouplements qui ne fonctionnent pas et les registres qui ne ferment pas de façon étanche.

Fait par : _____ Date : _____

## Mesures de réduction des coûts d'énergie

Procéder à une vérification pour détecter les pressions négatives et les infiltrations.

***La pression d'air du bâtiment est-elle négative?***

☐ Oui Procéder à une vérification pour déterminer s'il y a un déséquilibre entre l'air d'évacuation et l'air d'appoint. Le cas échéant, envisager d'installer un circuit d'air d'appoint.

☐ Non Procéder à une vérification pour déterminer s'il y a stratification.

Fait par : _____ Date : _____

***Y a-t-il infiltration d'air?***

☐ Oui Trouver les fuites et les colmater au moyen de calfeutrage ou de coupe-bise.

Envisager d'installer des registres à faible fuite aux entrées d'air et aux sas d'air ou des rideaux d'air aux entrées.

☐ Non Procéder à une vérification au moins une fois l'an afin de respecter la norme.

Fait par : _____ Date : _____

Examiner l'apport d'air extérieur.

***L'apport d'air extérieur est-il supérieur à la recommandation de l'ASHRAE ou à la quantité requise pour le procédé ou la dilution des contaminants?***

☐ Oui Envisager les mesures à prendre pour réduire l'apport d'air extérieur.

☐ Non Aucune mesure à prendre.

Fait par : _____ Date : _____

Vérifier s'il y a stratification.

***L'hiver, la température intérieure présente-t-elle un écart de plus de 6 °C entre le sol et le plafond?***

☐ Oui Envisager les interventions requises pour réduire la stratification.

☐ Non Procéder à une vérification au moins une fois l'an afin de respecter la norme.

Fait par : _____ Date : _____

Procéder à une vérification pour détecter, le cas échéant, les chutes de pression dans les circuits des ventilateurs et des pompes. Comparer les résultats avec les spécifications de conception initiales.

***Les chutes de pression sont-elles supérieures aux indications figurant dans les spécifications du fabricant?***

☐ Oui Remplacer les filtres.

Nettoyer les serpentins de chauffage et de refroidissement ainsi que les grilles.

Détecter les goulots d'étranglement dans les conduits et tuyaux et y remédier.

☐ Non Vérifier mensuellement afin de respecter la norme.

Fait par : _____ Date : _____

Procéder à une vérification pour détecter les charges de refroidissement excessives dans les aires climatisées.

***L'isolant et la protection contre l'ensoleillement sont-ils adéquats? Les fenêtres sont-elles toutes nécessaires?***

☐ Oui Aucune mesure à prendre.

☐ Non Envisager d'améliorer l'isolation et la protection contre l'ensoleillement des fenêtres.

- Bloquer les fenêtres non nécessaires.

Fait par : _____ Date : _____

***Certaines surfaces sont-elles chaudes au toucher? L'équipement dégage-t-il tellement de chaleur que vous pouvez la sentir?***

☐ Oui Ajouter de l'isolant.

Envisager d'isoler l'équipement qui produit de la chaleur dans les aires dont l'air peut être évacué et qui peuvent être alimentées en air d'appoint.

☐ Non Aucune mesure à prendre.

Fait par : _____ Date : _____

Procéder à une vérification pour détecter les charges calorifiques excessives.

***L'isolant du bâtiment est-il adéquat? Les fenêtres sont-elles toutes nécessaires?***

☐ Oui Ajouter de l'isolant.

Bloquer les fenêtres non nécessaires.

Améliorer la qualité des fenêtres et des portes.

☐ Non Aucune mesure à prendre.

Fait par : _____ Date : _____

## Rénovation

Examiner le fonctionnement de l'usine et des systèmes CVC.

***Est-il possible de réaliser des économies en fixant des points de consigne de la température et de la ventilation?***

☐ Oui Envisager de mettre en place un système de gestion de l'énergie ou d'ajouter ces fonctions à un système existant.

☐ Non Aucune mesure à prendre.

Fait par : _____ Date : _____

Procéder à une vérification pour cerner les possibilités de récupération de la chaleur.

***Y a-t-il évacuation de volumes élevés d'air à la température ambiante ou à une température supérieure?***

☐ Oui Envisager d'installer un système de récupération de la chaleur pour préchauffer et prérefroidir l'air d'appoint.

☐ Non Aucune mesure à prendre.

Fait par : _____ Date : _____

Explorer la possibilité d'utiliser un système à volume d'air variable.

***Le système CVC actuel consiste-t-il en un système de réchauffage terminal à volume constant?***

☐ Oui Il peut être économique de le convertir en système à volume d'air variable (consulter un ingénieur).

☐ Non Aucune mesure à prendre. Procéder à une nouvelle vérification si les coûts du combustible ou de l'équipement changent.

Fait par : _____ Date : _____

Explorer la possibilité du refroidissement au moyen d'une pompe géothermique.

***Le système de conditionnement d'air consomme-t-il beaucoup d'énergie?***

☐ Oui Envisager de consulter un ingénieur-conseil sur l'utilisation d'un système géothermique pour les besoins en refroidissement et en chauffage des locaux.

☐ Non Aucune mesure à prendre.

Fait par _____ Date : _____

***Les refroidisseurs pour les procédés consomment-ils beaucoup d'énergie?***

☐ Oui Envisager de demander l'avis d'un ingénieur-conseil sur l'utilisation d'un système géothermique pour les besoins de refroidissement inhérents aux procédés.

☐ Non Aucune mesure à prendre.

Fait par : _____ Date : _____

Examiner les sources d'énergie de remplacement.

***Le chauffage électrique des locaux est-il largement utilisé? Consomme-t-on de grandes quantités d'énergie pour réchauffer l'air d'admission?***

☐ Oui Envisager de passer au chauffage au gaz naturel.

Pour réchauffer l'air d'admission, envisager le recours à un système géothermique, au chauffage solaire ou à la chaleur résiduaire des procédés ou à l'accumulation thermique pendant les heures creuses.

☐ Non Aucune mesure à prendre. Procéder à une nouvelle vérification si les coûts du combustible ou de l'équipement changent.

Fait par : _____ Date : _____

N.B. : Aux questions types figurant dans la fiche d'évaluation, vous pouvez ajouter celles qui sont propres à votre installation.

## 2.9 Systèmes de refroidissement et de pompes à chaleur

L'industrie a recours au refroidissement pour l'entreposage et les procédés de traitement. Les systèmes de refroidissement visent principalement à éliminer la chaleur d'un procédé et à la libérer dans l'environnement.

Tout programme de gestion de l'énergie portant sur un système de refroidissement devrait commencer par une évaluation des températures locales, des besoins inhérents au procédé, de l'équipement et des systèmes de refroidissement, afin de repérer le gaspillage d'énergie et les possibilités d'amélioration de l'efficacité. En matière de refroidissement, il n'y a pas beaucoup de façons d'économiser l'énergie. On doit se poser les questions suivantes :

- Est-il possible d'éliminer certains besoins en refroidissement?
- Est-il possible d'éliminer ou de réduire certaines charges de refroidissement?
- Est-il possible de hausser les températures de refroidissement?
- Est-il possible d'améliorer le mode de fonctionnement des installations de refroidissement?
- Est-il possible de récupérer la chaleur résiduaire?

En règle générale, les systèmes de refroidissement courants consomment 20 p. 100 plus d'énergie que nécessaire.

*La brève mention ci-après concernant les pompes à chaleur industrielles a pour but de sensibiliser le lecteur aux nombreux avantages qu'offre cette technologie relativement nouvelle et de stimuler l'intégration de ces appareils dans le système global de production de chaleur industrielle.*

Les pompes à chaleur industrielles utilisent de la chaleur à basse température (p. ex., la chaleur résiduaire des procédés, de l'eau ou du sol), qu'elles portent à une température plus élevée pour le chauffage ou le préchauffage liés aux procédés industriels. Certaines de ces pompes peuvent aussi fonctionner en sens inverse et servir ainsi de refroidisseurs pour dissiper la chaleur industrielle.

On trouve différents types de pompes à chaleur :

- air-air;
- eau-air;
- air-eau;
- eau-eau.

La pompe eau-eau, utilisée pour l'extraction (ou la dissipation) de chaleur géothermique, est de plus en plus considérée comme une option possible.

En raison peut-être de la nouveauté de la technologie ou du manque de connaissances des sociétés d'ingénierie et des industries visées concernant les pompes à chaleur industrielles, ou encore du petit nombre de projets pilotes dans le domaine, l'utilisation de ces pompes commence à peine à se répandre. Pourtant, ces appareils permettent d'améliorer l'efficacité énergétique des procédés industriels et contribuent ainsi à réduire la consommation d'énergie primaire.

### Conseil

Examiner fréquemment le régime de fonctionnement de l'installation de refroidissement, à mesure que les besoins en matière de procédé et les conditions météorologiques changent.

L'industrie canadienne a intérêt à envisager leur utilisation. Des systèmes très intéressants et remarquablement efficaces ont été mis au point dans divers pays, notamment au Canada, en Suède et au Japon, pour un éventail d'applications industrielles.

Les grandes catégories de pompes à chaleur industrielles s'établissent comme suit :

- cycle à compression fermé :
  - moteur électrique,
  - moteur diesel;
- cycle à absorption :
  - pompe à chaleur,
  - transformateur de chaleur;
- recompression mécanique de la vapeur;
- recompression thermique de la vapeur.

Nous n'analyserons pas ces divers systèmes dans le présent guide. Toutefois, un ingénieur-conseil compétent en la matière peut vous aider à choisir et à concevoir le système qui convient le mieux à vos besoins.

### Possibilités de gestion de l'énergie

*Gestion interne*

Le refroidissement industriel présente quantité de possibilités d'économies d'énergie et d'argent. En règle générale, l'équipement industriel de refroidissement est moins bien connu et reçoit moins d'attention que les chaudières industrielles. Une saine gestion de l'énergie permet d'améliorer la situation, d'en apprendre davantage pour repérer les pertes d'énergie et ensuite les réduire.

De toute évidence, un plan de réduction des coûts d'énergie doit commencer par l'amélioration des pratiques de maintenance énergétique. Ces mesures – qui exigent une faible mise de fonds, voire aucune – comportent généralement les activités suivantes :

- Dans les cas où les opérateurs sont peu familiers avec les questions d'efficacité associées au refroidissement, il faut en premier lieu les sensibiliser et assurer leur formation.
- Continuer d'être vigilant et de voir aux problèmes d'exploitation et de maintenance à mesure qu'ils se présentent.
- Adopter un programme d'essais réguliers de manière à détecter rapidement les problèmes.
- Adopter des programmes de maintenance, notamment d'entretien préventif.
- Nettoyer fréquemment les surfaces de transfert de chaleur (évaporateurs et condenseurs).
- Inspecter fréquemment l'isolation des conduites d'aspiration et réparer rapidement l'isolant endommagé.
- Étalonner les commandes et régler les températures au niveau acceptable le plus élevé.

**Conseil**

S'assurer que le procédé de décongélation fonctionne uniquement lorsqu'il est nécessaire et l'arrêter dès qu'il ne sert plus.

**Conseil**

Pour réduire les frais liés à la demande de pointe, utiliser le système de réfrigération lors des périodes creuses dans la mesure du possible.

Dans un refroidisseur centrifuge type qui utilise une tour de refroidissement pour abaisser la température de l'eau à 4 °C, il est possible de réduire d'environ 17 p. 100 les besoins en énergie en ramenant de 29,4 à 23,9 °C la température de l'eau d'admission.

- Maintenir les charges de frigorigène au niveau prescrit; réparer les fuites.
- Veiller à la libre circulation de l'air autour des condenseurs et des tours de refroidissement.
- Veiller à ce que les systèmes de chauffage et de refroidissement ne fonctionnent en même temps que lorsque c'est absolument nécessaire.
- Éviter que l'humidité de l'air ambiant et des boyaux d'eau pénètre dans les locaux réfrigérés (noter qu'il faut 500 kg d'énergie de refroidissement pour faire évaporer 1 gallon d'eau).
- Garder fermées les portes donnant accès aux locaux réfrigérés.
- Veiller à ce que les commandes de dégivrage soient réglées de façon appropriée et revoir le réglage régulièrement.
- Si l'eau destinée aux condenseurs provient des tours de refroidissement, s'assurer que ces dernières font l'objet d'une maintenance efficace de façon à ce que la température de l'eau soit aussi basse que possible.
- Mesurer le coefficient de performance du compresseur et celui du système dans son ensemble, y compris l'équipement auxiliaire.
- Procéder régulièrement à des vérifications pour détecter, le cas échéant, l'accumulation d'air et de gaz non condensables afin que l'usine fonctionne avec un coefficient de performance élevé.
- Vérifier le réglage du régulateur pour déterminer si la pression de refoulement est appropriée.
- Exploiter les températures ambiantes basses pour assurer un refroidissement gratuit à des charges appropriées en hiver et pendant les saisons intermédiaires.

Une augmentation de 1 °C de la température de condensation entraînera une augmentation des coûts de l'ordre de 2 à 4 p. 100.

Une réduction de 1 °C de la température d'évaporation augmentera aussi les coûts dans la même proportion.

### Mesures de réduction des coûts

Un système de refroidissement fonctionne comme un système de pompage qui déplace l'eau d'un niveau inférieur vers un niveau supérieur. Plus haut la pompe doit amener l'eau, plus elle consomme d'énergie par unité de volume d'eau. La plupart des mesures de réduction des coûts liés aux systèmes de refroidissement ont pour objet d'accroître l'écart entre les températures respectives auxquelles se produisent la condensation et l'évaporation du frigorigène, et d'accroître par le fait même le coefficient de performance. Les mesures suivantes accroîtront ce coefficient en réduisant la température de condensation ou en permettant de la réduire :

Une commande incorrecte des compresseurs peut accroître les coûts de 20 p. 100 ou plus.

Une commande inappropriée de l'équipement auxiliaire peut les accroître dans la même mesure.

- Désurchauffer le frigorigène vaporisé au moyen d'un échangeur de chaleur ou de l'injection d'un frigorigène liquide dans la décharge gazeuse chaude (ce qui améliore l'efficacité du condenseur).
- Utiliser la pression à la tête flottante *(floating head pressure)* de l'échangeur de chaleur.
- Augmenter la pression des liquides pour réduire davantage la pression de condensation.
- Placer le serpentin extérieur du condenseur dans un circuit d'air d'évacuation propre et frais.
- Munir la tour de refroidissement d'un système automatique de traitement de l'eau.

Les mesures suivantes de réduction des coûts accroissent le coefficient de performance en augmentant la température d'évaporation :

- Régler la température de l'évaporateur au niveau maximal que permet le procédé.
- Installer des commandes automatiques pour utiliser des températures d'évaporateur plus élevées sous charge partielle.

Certaines autres mesures de réduction des coûts visent l'amélioration des commandes pour assurer le rendement optimal du système et réduire par le fait même les gains de chaleur et la demande d'électricité de pointe. Mentionnons par exemple les suivantes :

- Moderniser les commandes automatiques dans les installations de refroidissement pour assurer l'exactitude des relevés et la souplesse de l'exploitation.
- Modifier l'horaire du cycle de production de manière à réduire la demande d'électricité de pointe.
- Installer des moteurs de ventilateurs à vitesse variable sur les tours de refroidissement, les refroidisseurs évaporatifs et les condenseurs refroidis à l'air.
- Améliorer l'isolation.
- Remplacer les portes inadéquates donnant sur des locaux réfrigérés.
- En hiver, faire fonctionner les refroidisseurs évaporatifs et les condenseurs avec des serpentins secs de manière à éliminer le réchauffage des conduits et le chauffage des récipients.
- Envisager d'éliminer la dérivation des gaz chauds en faisant fonctionner le système de refroidissement par cycles.
- Éviter d'utiliser des systèmes de commande de la capacité des compresseurs, qui étranglent le flux de gaz d'admission, augmentent la pression de refoulement ou utilisent la dérivation des gaz chauds.

Voici d'autres mesures à faible coût qui permettent d'accroître l'efficacité énergétique du refroidissement :

- Envisager d'installer un système de purge automatique pour l'air et les gaz non condensables. Le purgeur permettra non seulement d'économiser l'énergie, mais aussi de réduire les pertes de frigorigène et le temps de fonctionnement du compresseur, ce qui aura pour effet de réduire les coûts de maintenance.
- Installer des pièges et en assurer l'entretien pour éliminer les huiles et l'eau de l'ammoniac dans ce type de systèmes. Les contaminants de l'ammoniac font augmenter le point d'ébullition.
- Recouvrir les thermostats et les commandes automatiques d'un couvercle verrouillable pour éviter qu'ils soient manipulés ou réglés sans autorisation.

## Conseil

Pour réaliser des économies, installer un système automatique de régulation de la pression d'aspiration synchronisé aux besoins liés à la production.

Les robinets détendeurs de dérivation des gaz peuvent accroître vos coûts de 30 p. 100 ou plus.

## Pompes géothermiques

Une autre façon d'accroître l'efficacité des systèmes consiste à utiliser des pompes géothermiques pour refroidir l'eau destinée aux compresseurs de réfrigération, au lieu d'avoir recours à des tours de refroidissement. On peut ainsi améliorer considérablement le coefficient de performance.

## Rénovation

La rénovation offre parfois les plus grandes possibilités d'économie d'énergie mais elle exige une analyse énergétique plus détaillée et ses coûts d'immobilisations sont généralement plus élevés. Elle permet de prendre des mesures plus radicales pour économiser l'énergie, par exemple :

*Sélection des compresseurs en fonction de la tâche à accomplir*

Utiliser le meilleur compresseur qui convient à la tâche à accomplir à n'importe quel moment.

Ordonnancer les compresseurs selon la charge et leur efficacité respective. Une séquence appropriée revêt une importance cruciale sous charge partielle.

Veiller à ce qu'un seul compresseur fonctionne sous charge partielle.

Si l'on peut choisir entre plusieurs compresseurs pour une charge partielle, utiliser un compresseur alternatif au lieu d'un compresseur hélicoïdal ou centrifuge, qui ne donnent pas un bon rendement sous charge partielle.

*Changement de source d'énergie*

Les turbines et les moteurs à combustion interne alimentés au gaz naturel, au diesel ou à d'autres combustibles peuvent remplacer les moteurs électriques qui actionnent les compresseurs de réfrigération. On peut ainsi obtenir l'énergie à un coût moindre et une meilleure efficacité sous charge partielle. En outre, cette mesure peut aider à réduire la demande d'énergie de pointe. Cependant, les coûts d'immobilisations et de maintenance qu'entraîne le remplacement des moteurs d'entraînement sont souvent trop élevés pour justifier cette mesure. Toutefois, il est possible de réaliser des économies globales puisque l'unité à combustion permet la récupération de la chaleur à partir de l'enveloppe du moteur ou de la turbine, ainsi que des gaz d'échappement, à d'autres fins.

*Réfrigération par absorption*

Le refroidissement par absorption, qui n'exige aucun apport d'énergie électrique, constitue l'option la plus prometteuse pour remplacer la réfrigération mécanique. Il devient plus économique lorsque l'on dispose de chaleur résiduaire provenant du procédé ou d'un système de cogénération. Les économies d'énergie peuvent compenser les coûts relativement élevés de l'équipement d'absorption.

*Accumulation thermique*

L'accumulation thermique du réfrigérant réduit la consommation d'énergie, car elle permet d'utiliser de l'équipement de refroidissement plus petit avec une efficacité optimale pendant de longues périodes.

Cette technique est particulièrement utile dans les installations où la charge de refroidissement atteint des pointes. Une usine où la charge est constante pendant plus de 16 heures par jour ne peut en tirer parti.

L'accumulation thermique, qui fait appel à des réservoirs de glace, à des sels eutectiques ou à des frigorigènes secondaires en surfusion, maximise la consommation d'énergie au tarif de nuit. En outre, elle réduira la nécessité de se doter d'une capacité de refroidissement supplémentaire s'il faut faire face à une demande accrue de refroidissement. L'accumulation thermique réduit la fréquence des cycles des compresseurs et permet un fonctionnement continu avec une pleine charge et une efficacité supérieure.

*Récupération de la chaleur au condenseur*

La chaleur récupérée du cycle de refroidissement peut servir au chauffage de l'eau domestique, des locaux ou à la production de chaleur industrielle. En outre, le coefficient de performance du système peut s'en trouver amélioré lorsque le fluide du condenseur est à température plus basse. La chaleur récupérée peut servir à divers usages, par exemple :

- Récupérer la chaleur de la vapeur surchauffée du frigorigène afin de réduire les besoins en chaleur d'une activité industrielle ou chauffer l'eau d'appoint.
- Préchauffer l'eau domestique ou industrielle.
- Faire fondre de la neige.
- Fournir de la chaleur sous des bâtiments reposant sur une dalle, p. ex. les garages et les patinoires, pour empêcher que le gel n'endommage la dalle.

*Autres méthodes*

Les systèmes décentralisés permettant de répartir la charge en fonction des besoins locaux consomment généralement moins l'énergie. Par exemple, si un gros système fonctionne à une température d'évaporation peu élevée alors que seule une petite partie de la charge exige cette température peu élevée, on peut installer un petit système à basse température pour l'aire visée. Le système principal peut fonctionner à une température d'évaporation plus élevée, ce qui améliore son coefficient de performance.

**Autres possibilités de rénovation**

- Séparer les systèmes de refroidissement selon la température; optimiser l'équilibre thermodynamique du cycle de refroidissement pour affecter l'équipement aux conditions minimales requises pour chaque procédé.
- Pour les systèmes de refroidissement qui font appel à des serpentins en épingle à cheveux, envisager d'utiliser des vannes dont l'expansion est commandée par ordinateur et un système de surveillance pour réaliser des économies d'électricité fort appréciables.

**Conseil**

Envisager d'installer un système d'aspiration à débit divisé pour répondre aux besoins en température élevée et en température basse.

**Conseil**

Envisager d'utiliser un système informatisé de commande pour la gestion du système de refroidissement – voir la section 2.13, à la page 158.

Selon les estimations, 10 p. 100 de l'énergie consommée au Canada sert à produire du froid.

- Envisager d'installer un circuit à boucle fermée pour les compresseurs et les condenseurs de refroidissement.
- Envisager de remplacer les échangeurs à calandre par des échangeurs à plaques à haut rendement.
- Faites un choix bien pensé et axé sur l'avenir entre : 1) l'utilisation de l'eau d'un puits, d'une rivière, d'un fleuve ou d'un lac (s'il y a lieu) comme liquide de refroidissement à plus basse température, afin de réduire les températures de condensation, et 2) des pompes géothermiques.
- Utiliser une pompe à chaleur pour porter la chaleur résiduaire à basse température à une température qui convient au chauffage du bâtiment ou à des utilisations inhérentes au procédé.
- Envisager d'adapter un système faisant appel à un bassin de glace afin d'assurer le refroidissement pour les besoins du procédé industriel de façon fiable et à faible coût sans utiliser de CFC, à moins de 20 p. 100 des coûts énergétiques de fonctionnement des systèmes courants de compression mécanique. Un tel système associe les avantages des agents biologiques glaçogènes, de la vaporisation optimisée de l'eau et de l'automatisation des procédés micro-informatiques aux techniques courantes de fabrication de glace à l'extérieur.
- Envisager d'utiliser uniquement de l'eau comme frigorigène pour l'eau de refroidissement du procédé (p. ex., l'injection de plastique). Des économies d'énergie de l'ordre de 20 à 50 p. 100 sont possibles.
- Envisager d'exploiter un « refroidissement gratuit » direct par l'air froid de l'extérieur (p. ex., en hiver), de manière à rendre inutiles l'utilisation d'un compresseur et par le fait même la consommation d'électricité connexe.
- Envisager d'avoir recours à une source de refroidissement secondaire utilisant des fluides volatils à basse température.

### Facteurs environnementaux

Les économies d'énergie des systèmes de refroidissement ou des pompes à chaleur réduisent les besoins en électricité, généralement des compresseurs, des ventilateurs et des pompes. La charge électrique réduite signifie que les chaudières des centrales thermoélectriques peuvent fonctionner à un rythme légèrement inférieur, ce qui réduit les émissions de polluants. Voir la section 1.1, « Changements climatiques », à la page 1, pour obtenir de plus amples renseignements sur la réduction des émissions.

Une vérification énergétique peut révéler que les systèmes CVC présentent des fuites de frigorigène. En réparant les fuites, on réduit la quantité des émissions nocives de CFC et d'HCFC qui peuvent s'échapper dans l'atmosphère et appauvrir la couche d'ozone. Voir la section 2.8, « Systèmes de chauffage, de ventilation et de conditionnement d'air », à la page 105.

### Renseignements supplémentaires

Le guide technique *Refroidissement et pompes à chaleur* (nº de catalogue M91-6-011F), que l'on peut obtenir auprès de RNCan, commence à dater, mais il demeure un bon outil de référence. Voir la page vi du présent guide afin de connaître la façon de commander cet ouvrage.

## Fiche d'évaluation – Systèmes de refroidissement et de pompes à chaleur

### Gestion interne

Vérifier les surfaces de transfert de chaleur (p. ex., les évaporateurs et les condenseurs).

***Les surfaces et les tubes sont-ils propres?***

☐ Oui — Procéder périodiquement à une vérification afin de respecter la norme; si le milieu d'exploitation n'est pas propre, vérifier plus fréquemment.

☐ Non — Nettoyer les surfaces; prévoir un nettoyage régulier.

Fait par : _____ Date : _____

Vérifier l'isolation des conduites de frigorigènes et de l'extérieur des évaporateurs.

***L'isolant est-il adéquat, sec et intact?***

☐ Oui — Procéder à une vérification tous les six mois afin de respecter la norme.

☐ Non — Réparer ou remplacer l'isolant endommagé; au besoin, ajouter de l'isolant pour réduire les gains de chaleur.

Fait par : _____ Date : _____

Vérifier le réglage des thermostats.

***Le réglage est-il approprié?***

☐ Oui — Étalonner les thermostats tous les six mois.

☐ Non — Régler les thermostats au degré acceptable le plus élevé.

Étalonner les thermostats tous les six mois.

Fait par : _____ Date : _____

Vérifier la charge de frigorigène.

***La charge de frigorigène est-elle appropriée?***

☐ Oui — Vérifier régulièrement afin de respecter la norme.

☐ Non — Ajouter ou enlever du frigorigène.

Vérifier périodiquement.

Fait par : _____ Date : _____

Vérifier la circulation d'air autour des condenseurs et des tours de refroidissement.

***Le flux d'air autour du condenseur est-il limité?***

☐ Oui Éliminer les éléments qui limitent le flux d'air ou placer le condenseur à un autre endroit.

Suivre les recommandations du fabricant.

☐ Non Aucune mesure à prendre.

Fait par : _____ Date : _____

Vérifier le fonctionnement des systèmes de chauffage et de refroidissement.

***Les systèmes de chauffage et de refroidissement fonctionnent-ils en même temps au même endroit?***

☐ Oui Déplacer les thermostats, isoler les équipements, etc.

☐ Non Aucune mesure à prendre.

Fait par : _____ Date : _____

## Faible coût

Vérifier s'il est possible de procéder à un désurchauffage.

***Peut-on avoir recours au désurchauffage pour réduire la pression de condensation?***

☐ Oui Employer la méthode offrant le meilleur rapport coût-efficacité.

☐ Non Aucune mesure à prendre.

Fait par : _____ Date : _____

Vérifier s'il est possible d'utiliser la pression à la tête flottante *(floating head pressure).*

***Est-il possible de réduire la pression de refoulement sans nuire au fonctionnement du système?***

☐ Oui Déterminer la pression la plus basse qui peut être utilisée et refaire le réglage en conséquence.

☐ Non Explorer les éléments qui imposent des limites.

Envisager d'utiliser des pompes de surcompression des liquides, afin de contrer les chutes de pression des canalisations et du détendeur thermostatique.

Fait par : _____ Date : _____

Examiner l'emplacement du serpentin extérieur.

***Y a-t-il une bouche d'évacuation d'air froid?***

☐ Oui Envisager de placer le serpentin du condenseur dans le courant d'air froid.

☐ Non Aucune mesure à prendre.

Fait par : _____ Date : _____

Vérifier la température de l'évaporateur.

***Est-il possible d'augmenter la température de l'évaporateur sans nuire au procédé?***

☐ Oui Régler la température de l'évaporateur de sorte qu'elle soit aussi élevée que possible.

☐ Non Aucune mesure à prendre.

Fait par : _____ Date : _____

Vérifier les charges de refroidissement.

***Le système fonctionne-t-il sous charge partielle pendant une partie de la journée?***

☐ Oui Installer des commandes automatiques afin d'assurer une certaine flexibilité et d'utiliser une température d'évaporateur plus élevée sous charge partielle.

☐ Non Aucune mesure à prendre.

Fait par : _____ Date : _____

Examiner le cycle de production.

***Est-il possible de modifier l'horaire du cycle de production de manière à faire fonctionner le système pendant les heures creuses?***

☐ Oui Modifier l'horaire de manière à faire fonctionner le système pendant les heures creuses.

☐ Non Aucune mesure à prendre.

Fait par : _____ Date : _____

Envisager d'utiliser des pompes géothermiques en tant que condenseurs au lieu de tours de refroidissement.

***Est-il possible d'utiliser des pompes géothermiques pour condenser le frigorigène au lieu de se servir de l'eau provenant des tours de refroidissement?***

☐ Oui — Recourir aux services d'un ingénieur-conseil pour évaluer l'utilisation de pompes géothermiques.

☐ Non — Aucune mesure à prendre.

Fait par _____ Date : _____

N.B. : Aux questions types figurant dans la fiche d'évaluation, vous pouvez ajouter celles qui sont propres à votre installation.

## 2.10 Réseaux de distribution d'eau et d'air comprimé

### Réseaux de distribution d'eau

Une installation peut comporter plusieurs réseaux de distribution d'eau, certains pour le procédé (eau de refroidissement, eau refroidie) et d'autres pour les services aux bâtiments (eau potable, eau chaude domestique). Quelle que soit leur fonction, ces réseaux présentent généralement des similitudes au chapitre des lacunes et des possibilités de gestion de l'énergie. L'importance des pertes d'eau est signalée dans le tableau 2.1. Différentes mesures permettent de réduire les coûts énergétiques inhérents au fonctionnement des réseaux de distribution d'eau :

- Détecter et éliminer les fuites.
- Examiner les habitudes de consommation d'eau et ramener la consommation au niveau minimal nécessaire.
- Trouver des façons ingénieuses de réutiliser l'eau du procédé et l'eau de refroidissement.
- Réduire les pertes de charge par frottement et les chutes de pression correspondantes.
- Réduire les pertes de chaleur des réseaux de distribution d'eau chaude et les gains de chaleur des réseaux de distribution d'eau refroidie.
- Bien choisir les pompes (et leur puissance) et réduire leur durée de fonctionnement.

Connaissant le coût de l'eau à l'installation, on peut calculer le gaspillage d'argent correspondant aux fuites indiquées ci-dessous. Il est fort possible que plusieurs fuites aient lieu en même temps dans une usine.

**Tableau 2.1**
**Quantité d'eau perdue en raison d'une fuite**

| Débit de la fuite | Perte quotidienne | Perte mensuelle | Perte annuelle |
|---|---|---|---|
| 1 goutte/seconde | 4 L | 129 L | 1,6 m³ |
| 2 gouttes/seconde | 14 L | 378 L | 4,9 m³ |
| Filet composé de gouttelettes | 91 L | 2,6 m³ | 31,8 m³ |
| Filet de 1,6 mm | 318 L | 9,4 m³ | 113,3 m³ |
| Filet de 3,2 mm | 984 L | 29,5 m³ | 354,0 m³ |
| Filet de 4,8 mm | 1,6 m³ | 48,3 m³ | 580,0 m³ |
| Filet de 6,4 mm | 3,5 m³ | 105,0 m³ | 1 260,0 m³ |

(NB : 1 gallon impérial = 4,546 L ; 1 m³ = 1 000 L = 220 gallons impériaux)

## Conseil

Surveiller la température de l'eau de refroidissement et la régler de manière à utiliser la quantité minimale d'eau requise.

*Eau de refroidissement*

Un réseau d'eau de refroidissement devrait être conçu de façon à faire recirculer l'eau par la tour de refroidissement ou le système géothermique pour permettre de la réutiliser au lieu de l'évacuer après un seul cycle. Cette mesure permet de réduire considérablement les achats d'eau ainsi que les coûts de traitement et de vidange dans les égouts. Il est conseillé d'évaluer, dans une perspective à long terme, les aspects financiers de l'installation d'une tour de refroidissement ou d'un système géothermique. Pour ce faire, on doit tenir compte des coûts liés à l'utilisation des ventilateurs et des pompes (c.-à-d. l'électricité), au traitement de l'eau, à l'eau d'appoint nécessaire pour compenser l'évaporation et la vidange ainsi qu'à la maintenance. Il convient d'envisager les solutions de rechange décrite plus en détail à la section 2.7, « Équipement de chauffage et de refroidissement (vapeur et eau) », à la page 99. Mentionnons notamment la récupération de la chaleur de l'eau de refroidissement au moyen d'échangeurs de chaleur ou d'une pompe à chaleur, pour l'utiliser comme source d'énergie pour d'autres procédés.

*Réseaux de distribution d'eau chaude et d'eau refroidie*

Les tuyaux servant au transport de l'eau chaude ou de l'eau refroidie doivent être bien isolés pour prévenir les pertes ou les gains de chaleur. Les tuyaux d'eau refroidie doivent également être recouverts d'un pare-vapeur pour empêcher que la condensation sature l'isolant de fibre en vrac. Voir la section 2.2, « Isolation thermique de l'équipement », à la page 71.

*Autres réseaux de distribution d'eau*

Les pompes à eau doivent être fermées lorsque les réseaux qu'elles desservent ne fonctionnent pas. Cette mesure réduira les coûts d'électricité attribuables au pompage et, dans le cas de l'eau de refroidissement, ceux liés au traitement de l'eau.

Il faut vérifier régulièrement les crépines et les filtres pour éviter qu'ils ne s'obstruent. Les filtres obstrués entraînent une chute de pression dans les canalisations. Pour empêcher les pertes d'eau, on doit inspecter fréquemment les tuyaux et réparer rapidement les fuites, en plus de réduire l'évaporation des réservoirs en installant des couvercles.

## Possibilités de gestion de l'énergie

*Gestion interne*

- Inciter tous les employés à adopter des pratiques judicieuses de gestion interne, veiller à ce qu'ils soient bien renseignés et à ce que les connaissances nouvellement acquises les amènent à prendre de nouvelles habitudes.
- Ne pas laisser l'eau couler inutilement (robinets, boyaux, douches oculaires, fontaines à eau potable, etc.).
- Vérifier la température de consigne de l'eau chaude et régler au besoin au point minimal requis.
- Prévenir ou réduire le débordement des réservoirs d'eau (en particulier d'eau chaude).
- Contrôler adéquatement le traitement de l'eau de manière à assurer le respect des débits prévus.
- Bien entretenir l'équipement de commande et de surveillance.

*Faible coût*

- Installer des compteurs d'eau industrielle à différents endroits pour surveiller la consommation en continu. Utiliser les données pour repérer les zones, l'équipement et les équipes de travail dont le rendement est erratique ou inefficace, afin de remédier aux lacunes et d'établir progressivement des objectifs de consommation plus stricts.
- Examiner les endroits où le rinçage et le lavage à volume élevé et à basse pression est indiqué (p. ex., pour une embouteilleuse) et ceux où le recours à un flux d'eau de volume faible et à pression élevée est préférable (buses).
- Identifier tous les boyaux et s'assurer que l'on utilise le diamètre le plus petit nécessaire pour la tâche à accomplir.
- Munir les boyaux d'un régulateur automatique (pistolet) au besoin.
- Réutiliser dans la mesure du possible toute l'eau de rinçage provenant des activités de nettoyage, en portant une attention particulière aux répercussions relatives à la qualité (p. ex., le dernier rinçage du nettoyage en circuit fermé).
- Recueillir l'eau de refroidissement non contaminée pour la réutiliser.
- Installer des réservoirs de stockage adéquats pour répondre aux besoins d'un système de réutilisation de l'eau.
- Installer des réservoirs de dilatation sur les réseaux de distribution d'eau, pour servir à deux fins : dans le cas de l'eau chaude, cela empêchera le gaspillage par les soupapes de détente; dans celui de l'eau froide, un volume réduit par la contraction de l'eau exigerait de l'eau d'appoint pour maintenir le réseau plein.
- Veiller à ce que les tuyaux et les réseaux de distribution d'eau chaude et d'eau froide soient isolés de façon adéquate.
- Installer des régulateurs de débit pour les usages domestiques : des robinets à fermeture automatique temporisée ou à débit minuté aux lavabos des salles de toilette et des pommes de douche à faible débit.
- Réduire les fuites et le gaspillage en diminuant la pression d'eau dans les endroits où une haute pression n'est pas nécessaire.

### Conseil

La première étape de la mise sur pied d'un système de gestion énergétique d'un réseau de distribution d'eau consiste à examiner les pratiques d'exploitation en vigueur. Il faut tracer un diagramme du bilan thermique et massique de la consommation d'eau dans différents secteurs de l'usine en prévision d'un programme d'économie d'eau et d'énergie.

## Conseil

Calculer les pertes annuelles de chaleur (d'énergie) résultant du rejet d'eau chaude ou d'eau tempérée dans les égouts. Examiner les options qui s'offrent à vous pour récupérer cette chaleur.

## Conseil

Envisager de remplacer les anciennes chaudières à eau chaude par des appareils à haut rendement.

*Rénovation*

- Séparer le réseau de distribution d'eau chaude selon la température voulue de manière à réduire les manœuvres inutiles. Envisager de mettre sur pied un réseau où des chaudières d'eau chaude distinctes alimentent des charges de température similaire, de sorte que la température la plus élevée ne dicte pas toutes les charges.
- Installer des compteurs d'eau à différents points du procédé pour surveiller la consommation d'eau en continu. Utiliser les données pour repérer les zones et l'équipement dont le rendement est erratique ou inefficace, afin de remédier aux lacunes et d'établir progressivement des objectifs de consommation plus stricts.
- S'il est possible de convertir un réseau à circuit ouvert en système à recirculation, modifier le circuit de distribution d'eau dans la mesure du possible pour réutiliser plusieurs fois l'eau industrielle (la faire circuler à nouveau), en utilisant des techniques de récupération de la chaleur qui conviennent.
- Dans les brasseries, intégrer la gestion de l'eau dans un système de surveillance et de commande assistées par ordinateur pour la gestion globale des intrants des services publics.
- Examiner la puissance des pompes, les besoins en pression d'eau et la distance d'acheminement par rapport au diamètre des tuyaux; souvent, l'utilisation de pompes moins puissantes et de gros tuyaux pour réduire les pertes par frottement permet d'obtenir une meilleure efficacité énergétique et se révèle plus économique dans l'ensemble lorsqu'on tient compte de tous les coûts.
- Rationaliser la tuyauterie. Enlever les sections inutilisées ou redondantes.
- Améliorer les pompes. Voir la section 2.11, « Ventilateurs et pompes », à la page 140.

### Réseaux de distribution d'air comprimé

Les pertes d'air comprimé, qui représentent la principale cause d'inefficacité, sont responsables d'environ 70 p. 100 du gaspillage. Le coût de l'air produit et distribué de façon inadéquate peut atteindre 1,00 $/kWh! Les pertes d'énergie dans un réseau de distribution d'air mal entretenu découlent de la nécessité de consommer de l'énergie supplémentaire pour compenser l'inefficacité de l'équipement, car l'air peut ne pas être acheminé à la pression voulue.

Le coût à long terme de la production d'air comprimé se répartit généralement comme suit : 75 p. 100 pour l'électricité, 15 p. 100 pour les dépenses d'investissement et 10 p. 100 pour la maintenance. Des mesures simples et économiques permettent d'économiser 30 p. 100 des coûts de l'électricité. C'est pourquoi les efforts déployés pour assurer l'efficacité d'un réseau de distribution d'air comprimé s'avèrent très rentables.

L'air comprimé constitue le service public le plus cher dans une usine!

Les travaux à accomplir devraient toujours comprendre une vérification approfondie du réseau, c.-à-d. un examen de la production, du traitement, de la régulation, de la distribution, de l'utilisation et de la gestion de l'air comprimé. Plusieurs mesures peuvent être prises pour réduire les coûts attribuables à l'exploitation d'un réseau de distribution d'air comprimé, tel qu'il est indiqué ci-après.

## Possibilités de gestion de l'énergie

*Gestion interne*

- Adopter un programme de sensibilisation à l'échelle de l'usine concernant la gestion de l'air comprimé et l'efficacité énergétique.
- Éteindre les dispositifs de soufflage d'air comprimé lorsqu'ils ne sont pas nécessaires.
- Éviter d'utiliser l'air comprimé pour le nettoyage (« dépoussiérage ») et le refroidissement, car cette pratique coûteuse entraîne un gaspillage d'énergie.
- Prévenir les fuites dans le réseau de distribution. Celles-ci se produisent généralement aux joints, aux vannes et aux raccords de tuyauterie et de boyaux. Le tableau 2.2 ci-dessous indique le coût mensuel correspondant à des fuites d'air de différente importance.
- Produire de l'air comprimé à la pression la plus basse qui convient à la tâche à accomplir; ne jamais le produire à une pression élevée pour le ramener à un niveau inférieur par la suite. On emploie souvent des pressions élevées pour compenser une maintenance inadéquate des outils à air ou des conduits d'un diamètre trop petit.
- S'assurer que le réseau n'est pas défectueux (qu'il exige une pression supérieure à la pression nominale).
- Assurer la maintenance des filtres à air.
- Adopter des programmes de maintenance, notamment d'entretien préventif et d'inspections, du réseau ainsi qu'un programme de surveillance et de commande de l'équipement.

**TABLEAU 2.2**
**Fuites d'air comprimé**

| Diamètre du trou | Fuite d'air à 600 kPa (manomètre) | Coût mensuel à 5 ¢/kWh |
|---|---|---|
| 1 mm | 0,8 L/s | 9 $ |
| 3 mm | 7,2 L/s | 81 $ |
| 5 mm | 20,0 L/s | 225 $ |
| 10 mm | 80,0 L/s | 900 $ |

## Conseil

Éviter d'utiliser l'air comprimé dans les cas où l'air soufflé à basse pression répond aux besoins.

*Faible coût*

- Adopter un programme de gestion des réseaux d'air comprimé prévoyant notamment :
  - la mesure de l'utilisation par des compteurs au point d'utilisation finale;
  - la responsabilisation financière des utilisateurs d'air comprimé;
  - l'exigence que les utilisateurs justifient leur utilisation d'air comprimé.
- Éliminer dans la mesure du possible les éléments tels que les boyaux et les raccords sur les réseaux de distribution d'air pour réduire les possibilités de fuite.
- Adopter un programme de maintenance approprié pour l'équipement qui utilise de l'air comprimé (graissage adéquat, etc.).
- S'assurer que les tuyaux ne présentent pas de problèmes entraînant des chutes de pression dans le réseau, en particulier si ce dernier doit être prolongé.
- Prendre l'air d'admission de l'emplacement le plus froid, peut-être en acheminant directement de l'air frais provenant de l'extérieur.
- Dans les compresseurs refroidis à l'air, évacuer l'air de refroidissement à l'extérieur pendant l'été et l'utiliser à l'intérieur pour le chauffage des locaux pendant l'hiver.
- Veiller à ce que le réseau soit sec : inclinaison appropriée des tuyaux, points de drainage et points d'approvisionnement (toujours sur le dessus des tuyaux). Il faut faire attention à la corrosion des tuyaux, car elle accroît la résistance interne et peut entraîner l'usure de surface et des fuites. En hiver, elle peut provoquer le gel de l'équipement.
- Enlever les tuyaux d'air comprimé désuets, pour éliminer ainsi les coûts attribuables aux pertes d'air, au colmatage des fuites et aux autres mesures de maintenance récurrentes.
- Éteindre les compresseurs lorsque la production est interrompue. S'il faut de l'air comprimé pour les instruments, installer un compresseur distinct à cette fin, ce qui permettra de réduire l'usure des gros compresseurs.
- Lorsque des compresseurs à piston et des compresseurs hélicoïdaux sont utilisés en parallèle, toujours maintenir les compresseurs hélicoïdaux à pleine charge. Sous une charge partielle, utiliser le compresseur à piston et éteindre le compresseur hélicoïdal.
- Réduire le cycle de régénération du déshydrateur d'air en installant un contrôleur reposant sur la mesure du point de rosée.
- Entourer les compresseurs d'une enceinte (s'il y a lieu) pour empêcher l'infiltration indésirable de chaleur dans les bâtiments.
- Si les compresseurs sont refroidis à l'eau, chercher des moyens de récupérer la chaleur du circuit d'eau de refroidissement ou de recycler l'eau afin de l'utiliser ailleurs, ou les deux.
- Modifier le réseau de tuyaux de manière à pouvoir fermer certains secteurs de production lorsqu'il n'y a pas de demande (après les heures de travail, les fins de semaine).
- Réduire les pertes constantes du réseau attribuables aux fuites mineures et à l'utilisation continue par diverses pièces d'équipement de mesure, en installant des vannes de section.

Examiner toutes les utilisations de l'air comprimé et dresser une liste de techniques de rechange.

*Rénovation*

- Envisager d'améliorer l'efficacité globale du réseau en intégrant dans la mesure du possible les circuits indépendants de production et de distribution d'air comprimé.
- Envisager d'installer un système de commande intelligent de régulation des installations de compression d'air, pour réaliser des économies d'énergie d'environ 10 p. 100 en maintenant la pression de sortie du compresseur ainsi que le temps de marche au ralenti au minimum.
- Évaluer l'installation d'un compresseur à moteur à combustion. Cet appareil entraîne des coûts énergétiques plus faibles et se révèle plus efficace que les moteurs électriques sous charge partielle, en plus de permettre de récupérer la chaleur de l'enveloppe et de l'échappement du moteur.
- Remplacer le déshydrateur d'air comprimé par un modèle plus efficace (économies d'énergie pouvant atteindre 85 p. 100).
- Sur les compresseurs anciens, envisager d'installer un réservoir tampon de grande capacité pour améliorer leur chargement.
- Dans les grandes installations, envisager d'installer un appareil de mesure automatique des fuites régi par un système de commande, de régulation et de surveillance central.
- Envisager d'installer un réseau étanche de distribution par tuyaux en plastique pour remplacer les anciens tuyaux en acier ainsi que les circuits qui sont corrodés ou qui fuient, en particulier pour les installations souterraines. Un grand utilisateur de Winnipeg, au Manitoba, en a largement tiré parti.

## Conseil

Envisager d'utiliser dans le réseau de distribution des tuyaux de grand diamètre qui pourraient servir également à l'accumulation d'air comprimé pour réduire les pertes par frottement, éviter les fluctuations de pression dans le réseau, répondre aux demandes soudaines et éviter le fonctionnement continu à pleine charge du compresseur. La plus grande stabilité de la pression qui en résulterait pourrait justifier la réduction de la pression dans l'ensemble du réseau.

### Facteurs environnementaux

L'exploitation optimale des réseaux de distribution d'eau et d'air comprimé réduit la consommation d'électricité et par le fait même les émissions de polluants provenant des centrales thermoélectriques. Pour en apprendre davantage sur la façon dont la réduction de la consommation d'électricité réduit la pollution et pour connaître la marche à suivre pour calculer les réductions, voir la section 1.1, « Changements climatiques », à la page 1.

### Renseignements supplémentaires

Bien qu'il ait été publié dans les années 1980, le guide technique *Réseaux de distribution d'eau et d'air comprimé* (nº de catalogue M91-6-012F), que l'on peut se procurer auprès de RNCan, demeure un bon ouvrage de référence. Voir la page vi du présent guide afin de connaître la façon de commander cet ouvrage.

## Fiche d'évaluation – Réseaux de distribution d'eau et d'air comprimé

### Réseaux de distribution d'eau – eau chaude

Inspecter l'isolation de tous les tuyaux d'eau chaude.

***Les tuyaux sont-ils tous isolés?***

☐ Oui Procéder à une vérification tous les six mois.

☐ Non Installer l'isolant dès que possible.

Fait par : _____ Date : _____

***Tout l'isolant est-il sec et intact?***

☐ Oui Vérifier régulièrement afin de respecter la norme.

☐ Non Trouver et éliminer dès que possible les sources d'humidité et remplacer l'isolant.

Fait par : _____ Date : _____

Vérifier la température de l'eau.

***Est-il possible de réduire la température de l'eau sans que les utilisateurs en souffrent?***

☐ Oui Réduire la température de l'eau au niveau le plus bas possible sans risquer de porter atteinte au procédé en cause.

☐ Non Procéder à une nouvelle évaluation lorsqu'un procédé change.

Fait par : _____ Date : _____

### Réseaux de distribution d'eau – eau de refroidissement

Examiner le fonctionnement des réseaux de distribution d'eau de refroidissement.

***L'eau de refroidissement passe-t-elle par l'équipement plus d'une fois avant d'être libérée dans les égouts?***

☐ Oui Aucune mesure à prendre.

☐ Non Envisager d'utiliser de l'eau de puits ou de faire recirculer l'eau en passant par une tour de refroidissement.

Fait par : _____ Date : _____

***L'eau de refroidissement circule-t-elle lorsque l'équipement ne fonctionne pas?***

☐ Oui — Fermer l'alimentation en eau de refroidissement de l'équipement qui ne fonctionne pas.

Envisager d'installer un mécanisme de verrouillage pour couper automatiquement l'eau de refroidissement.

☐ Non — Aucune mesure à prendre.

Fait par : _____ Date : _____

***Serait-il possible de réduire le débit d'eau de refroidissement sans porter atteinte au procédé?***

☐ Oui — Réduire le débit d'eau au niveau le plus bas qui permet un refroidissement adéquat.

☐ Non — Aucune mesure à prendre.

Fait par : _____ Date : _____

## Réseaux de distribution d'eau – généralités

Inspecter la totalité des crépines et des filtres des réseaux de distribution d'eau.

***Les crépines et les filtres sont-ils propres?***

☐ Oui — Procéder régulièrement à une vérification afin de respecter la norme.

☐ Non — Nettoyer ou remplacer en partie ou en totalité les crépines et les filtres obstrués pour empêcher la chute de pression dans les tuyaux.

Fait par : _____ Date : _____

Inspecter les réservoirs chauffés en notant l'épaisseur de l'isolant et le nombre de réservoirs ouverts.

***Les réservoirs chauffés sont-ils isolés?***

☐ Oui — Vérifier si l'isolant est adéquat (froid au toucher).

☐ Non — Appliquer une épaisseur rentable d'isolant (voir le guide technique *Isolement thermique des équipements*, nº de catalogue M91-6-001F, que l'on peut se procurer auprès de RNCan).

Fait par : _____ Date : _____

***Des couvercles sont-ils installés sur les réservoirs des procédés?***

☐ Oui — Aucune mesure à prendre.

☐ Non — Pour réduire l'évaporation, envisager d'installer des couvercles ou de couvrir la surface de l'eau au moyen de balles en plastique.

Fait par : _____ Date : _____

Inspecter les tuyaux et l'équipement pour détecter les fuites.

***Observez-vous des fuites?***

☐ Oui — Réparer les fuites dès que possible.

☐ Non — Vérifier régulièrement afin de respecter la norme.

Fait par : _____ Date : _____

## Réseaux d'air comprimé – distribution et utilisation de l'air

Inspecter les tuyaux, les boyaux et les raccords pour détecter les fuites (à faire de préférence après un quart de travail).

***Observez-vous des fuites?***

☐ Oui — Réparer les fuites dès que possible (calculer, à l'aide du tableau 2.2 à la page 133, le coût de la perte d'air comprimé).

☐ Non — Vérifier régulièrement afin de respecter la norme.

Fait par : _____ Date : _____

Procéder à une inspection générale de tout le réseau d'air comprimé.

***A-t-on besoin d'air comprimé après le quart de travail?***

☐ Oui — S'il faut de l'air uniquement pour les instruments, utiliser un compresseur distinct et plus petit pour l'alimenter et éteindre le compresseur de l'usine.

☐ Non — Éteindre le compresseur d'air de l'usine à la fin du quart de travail.

Fait par : _____ Date : _____

***De l'air comprimé est-il acheminé vers des secteurs de l'usine où il n'est pas utilisé?***

☐ Oui — Couper l'alimentation en air comprimé dans ces secteurs (les fuites risquent davantage de passer inaperçues dans les secteurs où l'utilisation est moindre, p. ex., les aires de stockage et les entrepôts).

☐ Non — Aucune mesure à prendre.

Fait par : _____ Date : _____

***Les filtres à air sont-ils propres?***

☐ Oui Vérifier régulièrement afin de respecter la norme.

☐ Non Remplacer les filtres obstrués afin de réduire les chutes de pression dans le réseau.

Fait par : _____ Date : _____

## Exploitation de l'équipement

Inspecter l'équipement qui utilise de l'air comprimé.

***L'équipement a-t-il besoin de réparation ou d'entretien?***

☐ Oui Veiller à l'efficacité maximale et à l'utilisation minimale de l'air comprimé, et assurer régulièrement la maintenance et le graissage de tout l'équipement qui utilise de l'air comprimé.

☐ Non Aucune mesure à prendre.

Fait par : _____ Date : _____

N.B : Aux questions types figurant dans la fiche d'évaluation, vous pouvez ajouter celles qui sont propres à votre installation.

## 2.11 Ventilateurs et pompes

### Moteurs et entraînements

Bien que l'efficacité énergétique d'un moteur électrique puisse être de l'ordre de 80 à 90 p. 100, celle des moteurs à haut rendement peut atteindre 97 p. 100.

Les ventilateurs déploient la force motrice nécessaire au déplacement de l'air contre la résistance d'un réseau transporteur d'air. Les pompes assurent une fonction similaire pour l'élévation de liquides et leur acheminement contre la résistance d'un réseau de tuyaux, ou pour vaincre les dénivellations. Les deux types d'appareils font appel à un élément commun : le moteur électrique et son entraînement. Le système, qu'il s'agisse de ventilateurs, de pompes ou de compresseurs, ne peut être éconergétique que si le moteur, l'entraînement et la charge sont considérés comme une seule entité et que ses composants sont optimisés.

Les entraînements à vitesse variable permettent souvent de réaliser des économies d'énergie de l'ordre de 40 à 60 p. 100.

On dit que les économies d'énergie découlant de l'amélioration d'installations, notamment en ce qui a trait au type de moteur et d'entraînement, à la puissance et à l'élimination ou à la réduction des charges non nécessaires ainsi qu'à la réduction des périodes de marche au ralenti, peuvent représenter la moitié des économies liées au moteur et à l'entraînement. Ces économies reposent sur une attention suffisante à la maintenance.

Le remplacement des moteurs désuets ou grillés par des unités à haut rendement devrait devenir la norme. On procédera certainement à une évaluation financière dans chaque situation. En règle générale, si les moteurs consomment plus de la moitié de l'énergie électrique dans une installation, une modernisation reposant sur l'installation de moteurs éconergétiques est probablement justifiée sur le plan financier.

Lorsqu'on tient compte de la durée de vie utile supérieure de l'équipement ainsi que de la diminution de l'entretien et des temps d'arrêt, les variateurs de vitesse deviennent nettement plus rentables.

Les moteurs électriques à haut rendement présentent différents avantages :

- économie d'énergie et, par le fait même, d'argent;
- contribution à la réduction de la consommation d'énergie primaire (et donc à la réduction des émissions de gaz à effet de serre);
- diminution de la production de chaleur interne;
- fonctionnement silencieux et produisant moins de chaleur;
- durée de vie utile supérieure, grâce à leur fiabilité;
- réduction des interruptions du procédé;
- réduction des besoins en entretien (p. ex., le remplacement des coussinets).

Les variateurs de vitesse sont relativement nouveaux dans le domaine de l'électronique des commandes. Ils font office d'inverseurs de fréquence et peuvent régler, avec une très grande flexibilité, la vitesse d'un moteur en fonction de la charge liée au procédé. Ces variateurs sont utilisés pour améliorer l'interaction entre le procédé ou l'équipement, et le système d'entraînement. (Voir également une note à ce sujet à la section 2.4, « Systèmes électriques », à la page 80.)

Outre la réduction de la consommation d'énergie, les variateurs de vitesse peuvent offrir d'autres avantages :

- plus large éventail au chapitre de la vitesse, du couple et de la puissance;
- améliorations au débit du procédé et aux caractéristiques des commandes;
- réduction du délai de réponse;
- réduction du niveau de bruit et de vibrations de l'équipement de ventilation;
- possibilité de remplacer les systèmes de pompage axés sur la régulation de l'étranglement et de la température;
- réduction de la maintenance et du temps d'arrêt;
- prolongation de la durée de vie de l'équipement (p. ex., réduction de l'usure des pompes).

### Ventilateurs

Les ventilateurs centrifuges sont d'usage très courant dans le domaine des CVC. Ils fonctionnent tous selon les lois relatives aux variables de rendement :

- le débit d'air varie en proportion de la vitesse du ventilateur;
- la pression différentielle totale est proportionnelle au carré de la vitesse du ventilateur;
- les besoins en énergie sont proportionnels au cube de la vitesse du ventilateur.

Ces lois font en sorte que les changements au chapitre du débit d'air et de la résistance au courant d'air peuvent influer considérablement sur l'énergie requise par le ventilateur, ce qui fait ressortir l'importance d'un réseau de conduits qui ne font pas obstacle au courant d'air.

Nombre d'autres variables influent sur la consommation d'énergie par les ventilateurs, dont certaines sont reliées aux tâches de fonctionnement et de maintenance. Quelques facteurs influant sur la consommation d'énergie des ventilateurs sont liés au réseau transporteur d'air où ceux-ci sont installés. Il peut être coûteux de remédier aux lacunes dans ce réseau; toutefois, en règle générale, on récupère rapidement un tel investissement. Le guide technique *Ventilateurs et pompes* (nº de catalogue M91-6-013F), qui présente des exemples concrets, donne de plus amples renseignements sur les projets de rénovation.

L'énergie consommée par le moteur d'entraînement représente la somme d'énergie requise pour permettre au ventilateur de déplacer l'air et celle perdue par le ventilateur, le moteur et l'entraînement. C'est pourquoi il est préférable de choisir des ventilateurs, des moteurs et des entraînements à haut rendement.

### Possibilités de gestion de l'énergie

*Gestion interne*

- Adopter un programme d'inspection et d'entretien préventif pour réduire les bris d'équipement.
- Vérifier et régler régulièrement les entraînements par courroie.
- Nettoyer et graisser les composants du ventilateur.
- Régler les problèmes de bruit et de vibrations excessifs.
- Nettoyer ou remplacer périodiquement les filtres à air.
- Nettoyer le réseau de conduits et réparer les fuites des conduits ou des composants.
- Éteindre les ventilateurs lorsqu'ils ne sont plus nécessaires.

*Faible coût*

- Améliorer l'aérodynamisme des raccords de conduits d'entrée et de sortie des ventilateurs pour réduire les pertes.
- Optimiser ou réduire la vitesse des ventilateurs pour assurer un débit d'air optimal, avec les registres d'équilibrage ouverts au maximum, pour assurer une distribution équilibrée de l'air.

*Rénovation*

- Installer un moteur à vitesse variable, de manière à tenir compte des conditions changeantes, pour améliorer l'efficacité du ventilateur.
- Remplacer l'équipement désuet par de nouveaux appareils plus efficaces et de puissance appropriée.
- Remplacer les moteurs surdimensionnés par des moteurs à haut rendement de puissance appropriée.
- Si un système central doit répondre aux besoins du sous-système le plus exigeant, envisager de remplacer ce système par des sous-systèmes autonomes.
- Envisager de commander le système de ventilation local au moyen de détecteurs de présence à ultrasons (mesure qui a permis à un fabricant de réduire de 50 p. 100 les coûts de fonctionnement).

## Pompes

On trouve deux grands types de pompes selon leur principe de fonctionnement :

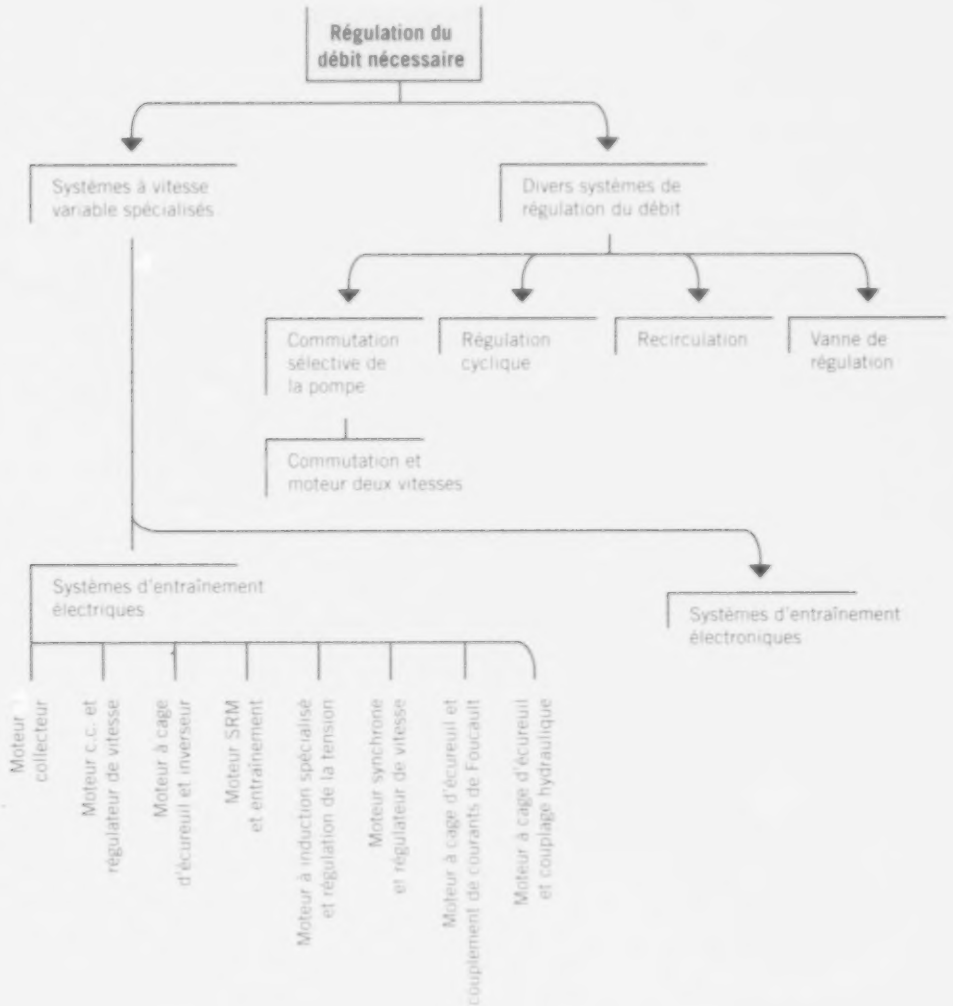
- les pompes centrifuges ou rotodynamiques, qui déplacent les liquides en leur communiquant de l'énergie cinétique;
- les pompes volumétriques, qui assurent un débit constant en fonction d'une vitesse donnée en véhiculant le liquide dans les cavités de la pompe et en le déplaçant jusqu'à la canalisation de refoulement.

Le principe de fonctionnement des pompes est similaire à celui des ventilateurs, car les deux appareils déplacent une substance par l'entremise d'un réseau de distribution jusqu'à un point final. Voir une série d'options relatives aux pompes éconergétiques à la figure 2.7 à la page 143. Les pompes et les ventilateurs ainsi que leurs entraînements doivent être assez puissants pour surmonter la résistance

imposée par le réseau de distribution. Toutefois, la pompe doit également être assez puissante pour faire monter le liquide jusqu'à la hauteur où il sera utilisé; la différence d'élévation à franchir influe considérablement sur la consommation d'énergie de la pompe.

Tout comme dans les systèmes de ventilation, il est possible de réduire le coût de l'énergie servant à faire fonctionner un système de pompage en installant des pompes, des moteurs et des entraînements à haut rendement.

**Figure 2.7**
**Options pour le fonctionnement éconergétique des pompes**



*Joints des pompes*

Le type de joints d'axe installés dans une pompe et la qualité de la maintenance de ces joints peuvent avoir un effet considérable sur la consommation d'énergie. Les deux types de joints les plus courants sont les joints mécaniques et les joints de presse-étoupe *(packing-gland seals)*. Les deux accroissent la friction de l'axe et par conséquent la quantité d'énergie qu'exige la pompe. Toutefois, le besoin en énergie accru qu'imposent les joints de presse-étoupe est en moyenne *six fois plus grand* que le besoin accru attribuable aux joints mécaniques.

*Régulation du débit*

Il faut choisir soigneusement la puissance des pompes en fonction du débit nécessaire. Si un examen montre qu'une pompe permet d'obtenir un débit ou une hauteur dépassant les besoins liés au procédé, envisagez de prendre les mesures suivantes :

- Dans les applications où le débit est constant, réduire la taille de la roue dans le cas d'une pompe centrifuge. En général, il est ainsi possible d'utiliser un plus petit moteur.
- Installer un variateur de vitesse sur les pompes lorsque la charge fluctue.
- Optimiser le fonctionnement des roues des pompes pour que le point de fonctionnement se situe dans la zone optimale de la courbe de rendement des pompes.
- Assurer la maintenance des pompes grâce à un entretien et à des inspections réguliers pour détecter les premiers signes de défaillance.

## Autres possibilités de gestion de l'énergie

*Gestion interne*

- Éteindre les pompes lorsque leur fonctionnement n'est pas nécessaire.
- S'assurer que les joints de presse-étoupe des pompes sont bien ajustés.
- Maintenir la tolérance du jeu aux roues et aux joints des pompes.
- Vérifier et régler régulièrement l'entraînement du moteur pour s'assurer que la tension des courroies et le centrage des accouplements sont adéquats.
- Nettoyer les roues des pompes et les réparer, ou les remplacer si elles sont corrodées ou piquées.
- Adopter un programme d'inspections régulières et d'entretien préventif pour réduire la fréquence de défaillance des composants des pompes.

*Faible coût*

- Remplacer les joints de presse-étoupe par des joints mécaniques (voir précédemment).
- Rogner la roue de la pompe pour qu'elle réponde aux besoins de débit et de hauteur du système.

*Rénovation*

- Installer un variateur de vitesse pour mieux répondre à la demande de débit de liquide et à ses variations.
- Remplacer l'équipement désuet ou inadéquat par de nouveaux appareils de puissance appropriée.
- Remplacer les moteurs surdimensionnés.
- Envisager d'installer un système informatisé de gestion de l'énergie.
- Envisager d'installer des inverseurs à tension et à fréquence variables pour permettre de moduler constamment la vitesse du moteur en fonction de la charge (économies d'énergie de l'ordre de 30 à 60 p. 100).

## Facteurs environnementaux

Les mesures prises pour réduire la consommation d'énergie par les ventilateurs et les pompes aident à réduire les émissions des centrales thermoélectriques. Voir la section 1.1, « Changements climatiques », à la page 1, pour une analyse de la réduction des polluants liée aux améliorations écoénergétiques et la marche à suivre pour la calculer.

## Renseignements supplémentaires

Bien qu'il ait été publié dans les années 80, le guide technique *Ventilateurs et pompes* (n° de catalogue M91-6-013F), que l'on peut se procurer auprès de RNCan, demeure un ouvrage de référence utile. Voir la page vi du présent guide afin de connaître la façon de le commander.

## Fiche d'évaluation – Ventilateurs et pompes

### Exploitation et maintenance

Inspecter les entraînements mécaniques de tous les ventilateurs et pompes.

***Les courroies d'entraînement sont-elles en bon état et ajustées à la tension appropriée?***

☐ Oui Procéder régulièrement à une vérification afin de respecter la norme.

☐ Non Remplacer les courroies usées, en utilisant des ensembles assortis dans les entraînements à plusieurs courroies; ajuster la tension correctement.

Fait par : _____ Date : _____

***Les ventilateurs ou les pompes produisent-ils un niveau excessif de bruit ou de vibrations?***

☐ Oui Cerner le problème et y remédier dès que possible.

☐ Non Vérifier régulièrement afin de respecter la norme.

Fait par : _____ Date : _____

Inspecter tous les filtres à air.

***Les filtres à air sont-ils propres?***

☐ Oui Vérifier régulièrement afin de respecter la norme.

☐ Non Nettoyer ou remplacer dès que possible les filtres obstrués.

Fait par : _____ Date : _____

Inspecter le réseau transporteur d'air.

***La conception semble-t-elle présenter des défauts, p. ex. des goulots d'étranglement qui limitent le débit?***

☐ Oui Envisager de recourir aux services d'un expert-conseil pour évaluer le système.

☐ Non Aucune mesure à prendre.

Fait par : _____ Date : _____

Examiner les exigences en matière de débit.

***Le débit est-il variable?***

☐ Oui Si le débit varie constamment, envisager d'utiliser des variateurs de vitesse ou des moteurs à deux vitesses.

☐ Non Si le débit est constamment inférieur au débit nominal de l'équipement, envisager d'utiliser de l'équipement d'un débit moindre.

Fait par : _____ Date : _____

### Joints des pompes

Inspecter tous les joints des pompes.

***Les joints fuient-ils excessivement?***

☐ Oui Remplacer dès que possible les joints qui fuient.

☐ Non Vérifier régulièrement afin de respecter la norme.

Fait par : _____ Date : _____

***Certaines pompes sont-elles munies de joints de presse-étoupe (packing-gland seals)?***

☐ Oui Envisager de remplacer ces pompes par de nouveaux appareils munis de joints mécaniques.

☐ Non Inspecter les joints fréquemment pour détecter les fuites éventuelles.

Fait par : _____ Date : _____

### Entraînements

Déterminer les types d'entraînements installés sur les gros ventilateurs et les grosses pompes et en évaluer l'efficacité.

***L'efficacité des entraînements est-elle insuffisante?***

☐ Oui Envisager de remplacer les entraînements peu efficaces par un nouvel équipement offrant un meilleur rendement.

☐ Non Aucune mesure à prendre. Toutefois, demeurer à l'affût de l'arrivée d'équipement plus efficace sur le marché; améliorer les entraînements dès qu'il devient avantageux de le faire sur le plan financier.

Fait par : _____ Date : _____

N.B. : Aux questions types figurant dans la fiche d'évaluation, vous pouvez ajouter celles qui sont propres à votre installation.

## 2.12 Compresseurs et turbines

### Compresseurs

La section 2.10 portait sur les systèmes d'eau et d'air comprimé principalement sous l'angle du réseau de distribution et de l'utilisation finale. Nous nous pencherons maintenant sur l'équipement utilisé pour comprimer l'air. Les compresseurs sont utilisés couramment dans l'industrie, afin de fournir une force motrice pour actionner les outils et l'équipement et, dans les commandes, comme source d'air pour transmettre des signaux et actionner des vannes et d'autres mécanismes. Tout comme la vapeur, l'eau et l'électricité, l'air comprimé constitue dans une usine une ressource utilitaire que l'on risque fort de gaspiller à moins de prendre certaines précautions de base, par exemple :

- utiliser aussi peu d'air comprimé que possible;
- utiliser l'air comprimé à la pression fonctionnelle la plus basse;
- maintenir l'efficacité des compresseurs à son niveau maximal.

L'énergie consommée par le moteur d'entraînement d'un compresseur représente la somme de l'énergie requise par le compresseur pour comprimer l'air ou le gaz et les pertes d'énergie attribuables au compresseur, à l'entraînement et à l'organe moteur. C'est pourquoi il convient de choisir les compresseurs, les entraînements et les moteurs d'entraînement qui offrent l'efficacité énergétique la plus élevée afin que le fonctionnement global soit le plus efficace possible.

#### *Réduction de la consommation d'air comprimé*

En diminuant la consommation d'air comprimé, on réduit l'énergie nécessaire pour faire fonctionner le compresseur. Il est possible de réduire cette consommation en prenant différentes mesures de maintenance comme la réparation rapide des fuites dans le réseau de distribution, et en veillant à ce que les compresseurs et l'équipement à air comprimé soient éteints lorsqu'ils ne servent pas.

#### *Réduction de la pression dans le réseau de distribution*

Puisque l'énergie requise par le compresseur est directement proportionnelle à la pression de fonctionnement, on peut réduire les coûts d'énergie en le faisant fonctionner à la pression la plus basse qui peut répondre aux besoins du réseau de distribution.

## Possibilités de gestion de l'énergie

*Gestion interne*

Dans le cadre des activités d'exploitation et de maintenance, il convient d'accomplir régulièrement les tâches suivantes pour s'assurer que les compresseurs fonctionnent avec une efficacité maximale :

- Inspecter et nettoyer régulièrement les filtres d'admission d'air du compresseur, afin de maintenir la résistance (diminution de pression) la plus faible possible et de réduire la consommation d'énergie du compresseur.
- Alimenter le compresseur au moyen d'air d'admission aussi froid que possible.
- Vérifier le fonctionnement des refroidisseurs des réseaux d'air comprimé – nettoyer régulièrement les surfaces d'échange thermique des compresseurs refroidis à l'air ou à l'eau, pour s'assurer qu'ils ne chauffent pas en fonctionnant.
- Surveiller régulièrement le coefficient de performance des installations de compression d'air et apporter les correctifs nécessaires si elles ne respectent pas la norme.
- S'assurer que la tension des courroies d'entraînement est appropriée, que les poulies et les accouplements sont bien alignés (vibrations acceptables) et que la maintenance et le graissage des composants des entraînements sont appropriés.
- Dans les installations comportant plusieurs compresseurs, modifier l'horaire d'utilisation des appareils en fonction de la demande et ordonnancer les compresseurs de manière à en éteindre un ou plusieurs lorsque la demande est inférieure à la capacité maximale au lieu d'en faire fonctionner plusieurs à charge partielle.

**Conseil**

Adopter un programme d'inspections régulières et d'entretien préventif pour réduire les défaillances des composants des compresseurs.

*Faible coût*

- Modifier les prises d'air ou les placer à des endroits plus frais.
- Modifier les composants désuets ou les remplacer par des appareils à haut rendement (p. ex., des filtres d'admission d'air à plus faible résistance et des tuyaux de diamètre supérieur).
- Installer des régulateurs de débit sur les échangeurs de chaleur du système frigorifique pour assurer la stabilité des températures de fonctionnement et éviter les débits d'eau excessifs.
- Investir dans un détecteur de fuites ou du matériel d'essais d'étanchéité pour mesurer la perte volumétrique totale dans le réseau de distribution d'air comprimé et la capacité des compresseurs.

**Conseil**

Installer un manostat ou une minuterie pour arrêter automatiquement les compresseurs lorsqu'il n'y a pas de demande d'air comprimé.

*Rénovation*

D'autres mesures destinées à améliorer l'efficacité des compresseurs entraînent des dépenses d'immobilisations. La plupart de ces mesures nécessitent une analyse détaillée par des spécialistes.

- Remplacer les appareils peu énergétiques; p. ex., remplacer les compresseurs à air à un seul étage par des compresseurs à deux étages.
- Examiner l'installation de compression, le type de compresseurs et leur rendement ainsi que la structure de la demande d'utilisation finale, et envisager de la moderniser en y installant les appareils les plus efficaces. Il peut s'agir d'une combinaison de différents types de compresseurs, petits et gros, à vitesse variable.

**Conseil**

Intégrer les commandes des compresseurs au système informatisé qui régit la gestion de l'énergie dans les installations.

## Conseil

Dans les grandes installations, envisager d'installer un dispositif de mesurage automatique des fuites régi par un système central de commande, de régulation et de surveillance.

- Examiner les aspects financiers du remplacement, le cas échéant, d'un réseau central qui fournit l'air comprimé à la pression la plus élevée requise, en utilisant plutôt un sous-système de plusieurs compresseurs situés à proximité des points d'utilisation, où la pression nécessaire peut être inférieure.
- S'il faut uniquement de l'air à basse pression, remplacer les compresseurs par des soufflantes.
- Installer des variateurs de vitesse sur les compresseurs pour optimiser la consommation énergétique.
- Utiliser un réservoir d'air de grande capacité ou installer des conduits de distribution de grand diamètre dans une partie du réseau d'air comprimé pour améliorer son efficacité en cas de charge variable.
- Récupérer la chaleur des refroidisseurs intermédiaires et des post-refroidisseurs afin de l'utiliser ailleurs dans les installations.
- Envisager d'installer des post-refroidisseurs d'air comprimé refroidis à l'air en série avec des appareils refroidis à l'eau pour réduire la consommation d'eau de refroidissement et aider le système de chauffage de l'usine.
- Au besoin, installer des enceintes autour des compresseurs pour capter et évacuer directement à l'extérieur l'air chaud ou humide indésirable.
- Examiner et améliorer la régulation des compresseurs (en particulier les systèmes de décharge) dans les situations où le plein rendement n'est pas requis.
- Là où les besoins en air comprimé sont considérables et les installations de compression sont grandes, envisager d'impartir la production d'air comprimé. Certaines grandes organisations ont ainsi réalisé des économies d'énergie.

### Turbines

Depuis nombre d'années, on utilise des turbines à vapeur au lieu de moteurs électriques. Dans les usines où l'approvisionnement en vapeur à haute pression est suffisant, ces turbines entraînent des coûts beaucoup moins élevés que les gros moteurs électriques.

Tout comme dans les systèmes de compression, l'énergie consommée par une turbine représente la somme de l'énergie requise par l'équipement entraîné (p. ex., un générateur) et de l'énergie perdue dans l'équipement actionné, la turbine et l'entraînement. C'est pourquoi il est préférable de choisir des turbines, des entraînements et des équipements éconergétiques.

Les turbines à gaz sont utilisées dans les applications qui exigent leurs caractéristiques de fonctionnement particulières :

- dimensions modestes et ratio puissance-masse élevé;
- aucun refroidissement externe nécessaire;
- peu d'entretien nécessaire;
- faible taux de défaillance;
- émissions relativement peu polluantes.

*Fonctionnement et maintenance*

Les turbines à vapeur et à gaz bien exploitées et bien entretenues entraînent une plus grande efficacité énergétique et des coûts d'énergie moindres. Les améliorations au chapitre du fonctionnement et de la maintenance sont généralement peu coûteuses, voire gratuites.

Comme il est indiqué ci-après, l'altitude de l'installation, la température et la pression de l'air d'admission ainsi que la pression de sortie influent sur l'efficacité du fonctionnement des turbines à gaz. Bien que l'altitude échappe à notre action, il n'en va pas de même des autres facteurs sur lesquels influe l'équipement auxiliaire, p. ex., les filtres d'admission, les silencieux et les chaudières de récupération de chaleur.

- Température d'admission – chaque hausse de 10 K diminue de 9 p. 100 la puissance de sortie.
- Pression d'admission – chaque baisse de 10 Pa réduit de 0,2 p. 100 la puissance de sortie.
- Pression de sortie – chaque hausse de 10 Pa augmente de 0,12 p. 100 la puissance de sortie.
- Altitude – chaque hausse de 100 m réduit de 1,15 p. 100 la puissance de sortie.

Une turbine à gaz peut produire davantage d'énergie lorsque l'air d'admission est froid. Pour améliorer le rendement d'une turbine à gaz installée à l'intérieur, il suffit de s'assurer que l'air de combustion provient de l'extérieur. Si l'air ambiant est chaud, il peut être efficace d'utiliser des refroidisseurs ou des refroidisseurs évaporatifs.

Il faut isoler les turbines à gaz et à vapeur pour réduire les pertes de chaleur et, par le fait même, maintenir le volume et la pression de la vapeur ou des gaz de combustion.

Les turbines à gaz offrent plusieurs possibilités de récupération de la chaleur pour d'autres usages. Il est possible d'utiliser les gaz chauds directement, notamment pour des applications de séchage, ou d'utiliser une chaudière de récupération de la chaleur pour produire de la vapeur ou de l'eau chaude.

## Possibilités de gestion de l'énergie

*Gestion interne*

- Éteindre les turbines à vapeur et à gaz lorsque les conditions de fonctionnement ne sont pas optimales – c.-à-d. lorsque les turbines doivent fonctionner à moins de 50 p. 100 de leur pleine charge dans le cas des turbines à gaz ou à moins de 30 p. 100 dans celui des turbines à vapeur.
- Vérifier et respecter le jeu aux éléments rotatifs et aux joints des turbines pour réduire les fuites et extraire le maximum d'énergie du flux de vapeur ou de gaz.
- Vérifier et nettoyer ou remplacer régulièrement les filtres d'admission d'air.
- Vérifier régulièrement les turbines pour détecter les vibrations anormales.

## Conseil

Optimiser la régulation des turbines grâce aux dispositifs et systèmes de commande les plus appropriés.

- Veiller à ce que les turbines à vapeur fonctionnent aux conditions optimales en ce qui a trait à la vapeur et au condensat.
- Veiller à ce que les turbines à gaz fonctionnent aux conditions d'admission et de sortie optimales.
- Veiller au bon fonctionnement de tous les systèmes de régulation de la vitesse.

*Faible coût*

- Modifier ou déplacer les prises d'air pour alimenter les turbines à gaz en air froid.
- Récupérer la chaleur produite par le refroidisseur à l'huile des turbines à gaz.
- Isoler l'équipement de façon optimale.
- Ajouter ou déplacer des composants du système de régulation (p. ex., les capteurs de température et de pression) afin d'optimiser le fonctionnement du système.

*Rénovation*

- Préchauffer l'air de combustion des turbines à gaz grâce aux gaz d'échappement (p. ex., à l'aide d'un régénérateur).
- Récupérer la chaleur de l'échappement des turbines à gaz.
- Récupérer la chaleur qui se dégage à la surface des turbines.
- Modifier les canalisations d'entrée et de sortie pour réduire les chutes de pression (p. ex., réduction du débit).
- Améliorer les composants des turbines pour en accroître l'efficacité.
- Envisager d'installer un système de commande active pour maintenir le jeu et ainsi obtenir une amélioration du rendement thermique de l'ordre de 0,3 à 0,5 p. 100.
- Installer une turbine à contre-pression comme détendeur de pression.
- Accroître l'efficacité et la capacité des turbines à vapeur, par exemple :
  - en les reconstruisant de manière à utiliser la technologie de pointe en matière de veine de vapeur;
  - en laissant la vapeur basse pression entrer directement dans les turbines;
  - en utilisant une partie du flux d'eau chaude de sortie du système de refroidissement du condenseur comme eau d'appoint des chaudières au lieu de l'eau froide provenant de la canalisation principale.
- Envisager des emplois novateurs de la chaleur d'échappement récupérée, p. ex. la production de vapeur ou la réfrigération par absorption pour le sous-refroidissement.
- Dans la mesure du possible, envisager une rénovation complète du système de turbines à gaz pour obtenir une installation de cogénération (de chaleur et d'énergie) à grande échelle.

### Facteurs environnementaux

Comme il a été expliqué précédemment, les mesures prises pour réduire la consommation d'électricité des compresseurs contribuent à réduire les émissions des centrales thermoélectriques. Les mesures d'économie d'énergie relatives aux turbines à gaz réduisent non seulement la consommation de combustible des turbines, mais aussi les émissions provenant de celles-ci.

Une diminution de la consommation de vapeur des turbines engendre une réduction des émissions de la chaudière qui produit cette vapeur. Voir la section 1.1, « Changements climatiques », à la page 1, pour connaître une méthode pratique de calcul de la réduction des émissions résultant des économies de combustible.

La réglementation stricte régissant les $NO_x$ dans certains pays a conduit au développement d'un procédé de combustion en deux étapes dans les turbines à gaz, qui réduit la température de la flamme et par le fait même le niveau des émissions. La production nette du procédé n'en souffre pas, et on réalise des économies d'énergie considérables en éliminant la nécessité d'injecter de la vapeur. Dans une autre installation, une turbine à gaz a été munie d'un catalyseur destiné à réduire les émissions de $NO_x$, ce qui a permis de réaliser des économies d'énergie similaires.

### Renseignements supplémentaires

Le guide technique *Compresseurs et turbines* (n° de catalogue M91-6-014F) est offert par RNCan. Voir la page vi du présent guide afin de connaître la façon de commander cet ouvrage.

## Fiche d'évaluation – Compresseurs et turbines

### Utilisation d'air comprimé

Inspecter l'installation lorsqu'elle est inoccupée.

***Est-il possible d'entendre le sifflement de fuites d'air comprimé?***

☐ Oui Réparer les fuites dès que possible.

☐ Non Vérifier régulièrement afin de respecter la norme.

Fait par : _____ Date : _____

***L'équipement non utilisé qui consomme de l'air comprimé est-il éteint?***

☐ Oui Vérifier régulièrement.

☐ Non Éteindre l'équipement non utilisé qui consomme de l'air comprimé.

Fait par : _____ Date : _____

***Certains compresseurs non utilisés sont-ils en marche?***

☐ Oui Éteindre les compresseurs d'air non utilisés.

☐ Non Vérifier régulièrement.

Fait par : _____ Date : _____

Examiner les besoins en air comprimé.

***La pression du réseau de distribution est-elle plus élevée que nécessaire?***

☐ Oui Vérifier la pression d'air maximale requise dans l'installation et réduire la pression du réseau dans la mesure du possible.

☐ Non Vérifier régulièrement afin de respecter la norme.

Fait par : _____ Date : _____

## Efficacité des compresseurs

Examiner les procédures et les calendriers de maintenance des compresseurs.

***L'air d'admission est-il aussi froid que possible?***

☐ Oui Aucune mesure à prendre.

☐ Non Envisager d'acheminer l'air froid de l'extérieur à l'admission des compresseurs.

Fait par : _____ Date : _____

Inspecter les entraînements des compresseurs et les systèmes de refroidissement.

***Les courroies d'entraînement sont-elles en bon état, correctement centrées et ajustées à la bonne tension?***

☐ Oui Vérifier régulièrement afin de respecter la norme.

☐ Non Remplacer les courroies usées.

Centrer les poulies de tous les entraînements.

Fait par : _____ Date : _____

***Les surfaces de transfert thermique des systèmes de refroidissement sont-elles propres?***

☐ Oui Vérifier régulièrement afin de respecter la norme.

☐ Non Nettoyer les surfaces de transfert thermique dès que possible.

Ajouter le nettoyage de ces surfaces à la maintenance systématique.

Fait par : _____ Date : _____

***Les filtres à air d'admission sont-ils propres?***

☐ Oui Vérifier régulièrement afin de respecter la norme.

☐ Non Nettoyer ou remplacer les filtres à air d'admission.

Ajouter le nettoyage de ces filtres au programme de maintenance.

Fait par : _____ Date : _____

## Modernisation des compresseurs

Comparer les besoins en pression d'air avec la pression fournie par les compresseurs.

***Y a-t-il certaines pièces d'équipement qui ne nécessitent que de l'air à basse pression (10 lb/po$^2$ ou moins)?***

☐ Oui — Envisager de remplacer le compresseur par un turbosoufflleur.

☐ Non — Aucune mesure à prendre.

Fait par : _____ Date : _____

Examiner la demande d'air comprimé.

***La demande d'air comprimé varie-t-elle beaucoup au fil de la journée?***

☐ Oui — Envisager d'installer des variateurs de vitesse pour l'entraînement des compresseurs.

☐ Non — Aucune mesure à prendre.

Fait par : _____ Date : _____

***La demande varie-t-elle beaucoup sur une courte période?***

☐ Oui — Installer un réservoir d'air pour aider le compresseur à fonctionner à une efficacité maximale en cas de charge variable.

☐ Non — Aucune mesure à prendre.

Fait par : _____ Date : _____

Examiner l'efficacité de l'entraînement.

***L'efficacité de l'entraînement est-elle insuffisante?***

☐ Oui — Consulter les fabricants de l'entraînement en vue de le remplacer par une unité à haut rendement.

☐ Non — Aucune mesure à prendre.

Fait par : _____ Date : _____

## Turbines – conditions de fonctionnement

Examiner les conditions d'admission et de sortie de vapeur.

***Les conditions d'admission et de sortie correspondent-elles aux spécifications de conception?***

☐ Oui — Vérifier régulièrement afin de respecter la norme.

☐ Non — Déterminer et corriger les écarts.

Fait par : _____ Date : _____

Examiner la charge des turbines.

***Les entraînements fonctionnent-ils à moins de 50 p. 100 (turbines à gaz) ou à moins de 30 p. 100 (turbines à vapeur) de leur pleine capacité?***

☐ Oui — Fermer les entraînements des turbines.

☐ Non — Aucune mesure à prendre.

Fait par : _____ Date : _____

## Modernisation des turbines

Examiner l'efficacité des entraînements.

***L'efficacité des entraînements est-elle insuffisante?***

☐ Oui — Consulter les fabricants d'entraînements au sujet des modèles à haut rendement.

☐ Non — Aucune mesure à prendre.

Fait par : _____ Date : _____

N.B. : Aux questions types figurant dans la fiche d'évaluation, vous pouvez ajouter celles qui sont propres à votre installation.

## 2.13 Mesures et contrôle

On ne répétera jamais assez les vérités évidentes suivantes :

- Le contrôle et l'amélioration passent d'abord par les mesures.
- On ne peut comprendre les choses que l'on ne peut mesurer; on ne peut contrôler celles que l'on ne peut comprendre; on ne peut améliorer celles que l'on ne peut contrôler.
- Une mesure prend tout son sens uniquement lorsqu'elle est comparée avec une norme.

Pour être utile, toute mesure doit être associée à une activité de contrôle. Le mesurage et le contrôle de divers flux d'énergie et de matières sont essentiels à la réduction de la consommation d'énergie d'une installation. Ces fonctions présentent plusieurs avantages :

- production d'information concernant le procédé, p. ex., température, pression et quantité;
- détermination du rendement énergétique aux fins de comparaison au moment de l'évaluation du progrès des projets énergétiques;
- établissement de nouvelles normes de rendement et de nouveaux objectifs opérationnels;
- au jour le jour, gestion du rendement et correction d'un rendement inacceptable – p. ex., uniformité de l'exploitation;
- mise au jour de l'utilisation abusive d'énergie;
- aide à la prise de décisions en vue d'améliorer l'exploitation;
- planification des initiatives de gestion de l'énergie;
- communication des progrès accomplis sur le front du rendement énergétique – promotion de la participation et de la sensibilisation des employés à la gestion de l'énergie;
- justification de nouveaux achats ou de modifications relatifs aux installations et à l'équipement;
- intégration des données dans un système informatisé de gestion de l'énergie dans l'établissement.

Le mesurage portant sur le matériel consommateur d'énergie devrait constituer une priorité afin que l'équipement puisse fonctionner à son efficacité optimale et que les opérateurs puissent détecter, le cas échéant, les baisses d'efficacité. Les mesures les plus utiles pour le contrôle de la consommation d'énergie sont le débit, la température, l'humidité, la puissance calorifique, l'enthalpie et les unités de mesure électriques (comme la tension et le courant). Il faut mesurer ces variables au point d'alimentation d'un secteur de l'usine ou d'un consommateur important, pour permettre ainsi d'observer et de consigner les habitudes de consommation d'énergie qui permettront aux gestionnaires de cibler directement les lacunes sur le plan de l'efficacité énergétique. La gestion de l'énergie exige des données qui sont fiables et précises.

### Précision

Il est important de savoir comment s'exprime la précision des instruments de mesure, afin de pouvoir choisir ceux qui répondent le mieux aux exigences des procédés. Les expressions courantes exprimant des mesures sont expliquées ci-après :

- variable mesurée – élément que l'instrument doit mesurer, p. ex. la température ou la pression;
- limite inférieure – valeur la plus basse de la variable que l'instrument peut mesurer;
- limite supérieure – valeur la plus élevée de la variable que l'instrument peut mesurer;
- échelle de mesure de l'instrument – zone comprise entre les limites inférieure et supérieure.

La précision d'un instrument est exprimée par rapport à la variable mesurée, parfois en pourcentage :

- de l'échelle de mesure de l'instrument;
- de la limite supérieure;
- de la valeur ou de l'échelle indiquée.

On améliore souvent la précision des mesures en réduisant l'échelle, si bien que cette dernière doit être maintenue au minimum qui est compatible avec les variations prévues de la variable mesurée. Toutefois, la *répétabilité* est souvent plus importante que la précision absolue. La précision du système repose sur celle de ses composants et elle ne peut être déterminée que par étalonnage du système.

L'intégration de dispositifs de mesure et de contrôle dans un système informatisé de gestion de l'énergie exige une amplification des signaux et leur numérisation au moyen d'un convertisseur analogique-numérique. Bien que les instruments analogiques et les instruments numériques de base se prêtent à une panoplie d'applications, les instruments informatisés (comportant un ordinateur intégré) ajoutent au système une souplesse et une puissance accrues. Les entrées numériques sont traitées par l'ordinateur de l'instrument (qui peut être monopuce), et on peut obtenir les sorties au moyen d'un enregistreur sur bande, d'un oscilloscope, d'une imprimante ou d'une lecture à l'écran.

## Possibilités de gestion de l'énergie

*Gestion interne*

- Il faut adopter des **programmes d'étalonnage et de maintenance** périodiques pour que les instruments puissent fournir des données fiables. Grâce à l'utilisation de l'électronique, on trouve maintenant nombre d'instruments à étalonnage automatique, qui permettent d'économiser temps et efforts tout en offrant une précision continue. Cependant, il faut également s'occuper du système qui le soutient (p. ex., en veillant à ce que l'air comprimé soit exempt d'humidité et de poussière et à ce que les filtres des canalisations fassent l'objet d'une maintenance régulière). Ces mesures revêtent une importance particulière, comme en témoigne le cas d'une usine de papier canadienne, qui a subi une perte de 56 000 $ par an en raison d'un capteur de température mal étalonné.

  Les normes internationales couramment utilisées pour régir les systèmes de gestion de la qualité (ISO 9001) et de la gestion environnementale (ISO 14001) traitent adéquatement de la gestion des instruments et de l'équipement de mesure et d'essais, notamment des logiciels d'essais applicables. Même l'établissement qui n'a pas encore adopté ces normes a tout intérêt à en adopter les principes de saine gestion des instruments et de l'équipement de mesure et de contrôle.

- **Registres**. L'équipement de mesure et de contrôle n'est guère utile si l'on ne tient pas des registres de façon appropriée. La tenue des registres est particulièrement importante pour détecter les écarts par rapport au fonctionnement habituel et les variations au chapitre de l'efficacité énergétique. Il faut consigner à intervalles réguliers, manuellement ou automatiquement, les données importantes. On trouve maintenant des enregistreurs de données peu coûteux offrant nombre de fonctions intéressantes, et il n'a jamais été aussi facile de recueillir et de consigner les données de façon fiable.

- **Analyse et suivi.** Pour que l'activité de mesure ou de contrôle soit utile, il faut analyser les registres indiquant le rendement de l'équipement soumis à un contrôle (de nombreux progiciels offerts sur le marché facilitent cette tâche) et faire un suivi quant aux écarts par rapport à la situation optimale. Bien sûr, parfois on doit d'abord laisser passer une certaine période de temps pour confirmer que les écarts sont systémiques pour être en mesure d'établir une tendance et de confirmer qu'une mesure corrective ou préventive s'avère nécessaire. D'autres fois, par exemple dans le cas d'un simple manque d'attention en cours du procédé, il faut assurer le suivi sans délai.

*Faible coût*

- **Acquisition de nouvel équipement et de nouveaux instruments de mesure et de contrôle** offrant une précision optimale. Par exemple, l'appareillage de chaufferie et les autres installations utilisant des procédés de combustion consomment des quantités considérables de combustible. En pareil cas, l'achat d'un analyseur d'oxygène et de combustibles est justifiable, car les économies réalisées grâce à l'ajustage régulier de l'appareillage de chaufferie permettent de récupérer rapidement le coût de l'équipement. De même, l'équipement qui détecte des fuites d'air comprimé constitue un achat rentable – il y a de fortes chances que l'investissement soit récupéré rapidement.

- **Installation correcte.** L'on ne devrait pas présumer que les équipements existants fonctionnent bien uniquement parce qu'ils servent depuis des années. Des mesures imprécises découlent souvent d'une installation inappropriée, problème qu'il faut corriger. On dispose maintenant de techniques de mesure non intrusives, si bien que l'installation s'en trouve facilitée.
- **Conception appropriée des systèmes de mesure des instruments.**
- **Détecteurs d'anomalies**, p. ex., la porte d'un entrepôt réfrigéré qui est restée ouverte ou le trop-plein d'un réservoir qui se déverse.
- **Capteurs pour le contrôle des systèmes CVC.**

*Rénovation*

Il existe trois grandes catégories de possibilités de rénovation de l'équipement et des instruments de mesure et de contrôle (catégories qui peuvent se combiner) :

- remplacement des commandes pneumatiques par des commandes numériques directes;
- équipement ou application de procédé en particulier (p. ex., chaudière, régulation de la demande de pointe);
- établissement ou amélioration d'un système de mesure, de contrôle et d'instrumentation, ou intégration de ce système au système informatisé global de gestion de l'énergie.

### Facteurs environnementaux

L'équipement de mesure et de contrôle aide à détecter le gaspillage d'énergie, c.-à-d. l'équipement inefficace qui consomme de l'énergie (et, soit dit en passant, il permet de mieux justifier la nécessité d'apporter des améliorations, notamment par les investissements d'immobilisations). En veillant à ce que l'équipement fonctionne à son efficacité optimale, la consommation de combustible et les émissions sont réduits, directement ou indirectement. Voir la section 1.1, « Changements climatiques », à la page 1, pour obtenir de plus amples renseignements sur la relation entre l'efficacité énergétique et les émissions.

La méthode de gérance énergétique au moyen de ces outils aide à gérer la consommation de l'énergie et des produits des services publics, dans le même but.

### Renseignements supplémentaires

Le guide technique *Mesures et contrôle* (n° de catalogue M91-6-015F), que l'on peut se procurer auprès de RNCan, a été publié dans les années 1980. Il couvre adéquatement les commandes pneumatiques, mais comporte des lacunes en ce qui a trait au traitement des commandes électroniques. Voir la page vi du présent guide afin de connaître la façon de commander ce document d'information.

## Fiche d'évaluation – Mesures et contrôle

### Portée des instruments

Observer le niveau d'instrumentation.

***Mesure-t-on l'énergie qui alimente tout l'équipement principal?***

☐ Oui Étalonner les instruments régulièrement.

☐ Non Envisager de diviser logiquement l'ensemble du réseau d'alimentation énergétique en centres de responsabilité énergétique pour faciliter la gestion de l'énergie et la reddition de comptes en la matière.

Fait par : _____ Date : _____

***Les instruments sont-ils régulièrement soumis à une inspection et à un étalonnage?***

☐ Oui Aucune mesure à prendre.

☐ Non Adopter un programme d'inspections et d'étalonnage périodiques.

Fait par : _____ Date : _____

***Les mesures sont-elles intégrées à un système informatisé de gestion de l'énergie?***

☐ Oui Aucune mesure à prendre.

☐ Non Envisager d'acquérir et d'installer un système pour gérer la consommation d'énergie au sein de l'installation.

Fait par : _____ Date : _____

### Appareillage de chaufferie

Inspecter les chaudières pour vérifier la présence d'équipement de contrôle (fait à signaler, la loi exige que nombre de variables de fonctionnement soient soumises à un contrôle et que les anomalies déclenchent des dispositifs d'alarme et des coupe-circuit).

***Les chaudières sont-elles munies d'analyseurs des gaz de combustion?***

☐ Oui Inspecter et étalonner régulièrement ces analyseurs.

☐ Non Envisager d'installer ce type d'analyseurs pour mesurer la teneur en oxygène et en combustibles des gaz de combustion.

Fait par : _____ Date : _____

***Les chaudières sont-elles munies d'un économiseur?***

☐ Oui Mesurer la température de l'eau d'alimentation et des gaz de combustion à l'entrée et à la sortie de l'économiseur.

Veiller à disposer de thermomètres de type enregistreur ou faisant partie intégrante du système d'automatisation des chaudières.

☐ Non Envisager d'installer de l'équipement pour mesurer la température des gaz de combustion et de l'eau d'alimentation.

Fait par : _____ Date : _____

Examiner l'étendue de l'enregistrement de données.

***Les dispositifs d'enregistrement des données sont-ils couramment utilisés?***

☐ Oui Aucune mesure à prendre.

☐ Non Envisager d'installer davantage de dispositifs d'enregistrement de données.

Fait par : _____ Date : _____

## Surveillance de la consommation d'électricité

Examiner la situation en matière de mesures.

***Des mesures sont-elles prises dans tous les bâtiments et pour chaque pièce d'équipement principale?***

☐ Oui Enregistrer les relevés mensuellement et les comparer avec les factures des services publics; assurer le suivi pour améliorer le facteur de puissance et réduire la demande de pointe; prendre les autres mesures présentées à la section 2.4, « Systèmes électriques », à la page 80; envisager de prendre les mesures énoncées dans la section 2.1.2, « Gérance énergétique », à la page 69.

☐ Non Envisager d'installer des compteurs de kW/kVA et de kWh pour suivre de près tous les principaux éléments consommateurs d'énergie.

Fait par : _____ Date : _____

Examiner l'étendue de l'enregistrement des données.

***Des dispositifs d'enregistrement des données sont-ils couramment utilisés?***

☐ Oui Aucune mesure à prendre; utiliser les données obtenues pour gérer la consommation d'énergie.

☐ Non Envisager d'installer davantage de dispositifs d'enregistrement des données.

Fait par : _____ Date : _____

N.B. : Aux questions types utilisées dans la fiche d'évaluation, vous pouvez ajouter celles qui sont propres à votre installation.

## 2.14 Commandes automatiques

Les commandes automatiques prennent les données produites par les appareils de surveillance et les utilisent pour commander tous les systèmes, depuis l'équipement de procédé jusqu'aux systèmes de chauffage des locaux et de refroidissement. Nombre de procédés de fabrication autrefois à commande manuelle sont maintenant à commande automatique. Cette innovation présente plusieurs avantages :

- correction immédiate des changements imprévisibles;
- ajustement simultané de nombreuses fonctions;
- contrôle extrêmement uniforme.

Les améliorations au fonctionnement de l'équipement de procédé réalisées grâce aux commandes automatiques se traduisent par des gains sur le plan de la qualité et de la productivité. Utilisées dans des applications de gestion de l'énergie, ces commandes permettent de réduire les coûts en assurant un réglage rigoureux des températures et des débits et en adaptant l'éclairage, la vitesse des moteurs, le débit des liquides et l'écoulement gazeux aux besoins des procédés.

### Équipement de commande

Il suffit d'un coup d'œil occasionnel dans les rayons spécialisés d'une bibliothèque de référence ou dans un salon professionnel pour se rendre compte des énormes progrès accomplis dans la technologie de l'équipement de commande au cours des dix dernières années de même que de la large gamme de dispositifs disponibles. L'analyse qui suit sera donc brève et générale.

#### *Automates programmables*

Les dispositifs automatiques les plus couramment utilisés pour contrôler les procédés sont les automates programmables, qui comprennent trois principaux éléments :

- Module d'entrée : Des dispositifs tels que des interrupteurs de fin de course, des boutons de commande, des manostats, des capteurs, des électrodes, voire d'autres automates programmables, transmettent des signaux de contrôle (numériques ou analogiques) au module d'entrée. Le module convertit les signaux afin que l'unité centrale du contrôleur puisse les traiter, les isole sur le plan électrique et les transmet à l'unité centrale.
- Contrôleur : Une mémoire programmable du contrôleur stocke les instructions pour mettre en œuvre les fonctions particulières et transforme les paramètres en signaux qui passent de l'automate programmable au module de sortie.
- Système de sortie : Ce système assure l'isolation électrique du signal de commande de l'unité centrale (instructions programmées) et active ou désactive le dispositif de commutation du module pour mettre en marche ou arrêter les dispositifs de zone de sortie, p. ex., les démarreurs de moteur, les voyants lumineux et les solénoïdes.

À titre d'exemple d'automate programmable simple utilisé pour la gestion de l'énergie, mentionnons celui d'un circuit d'alimentation en air. Cet automate assure le réglage de paramètres comme la température, le débit d'air dans les diverses zones, l'humidité, le filtrage, l'arrêt du débit d'air dans les zones inoccupées et le volume

d'échappement. Plus les applications sont complexes et importantes, plus les automates programmables doivent être évolués, p. ex. en étant dotés d'un matériel auxiliaire de saisie de données comportant une fonction de diagnostic des anomalies.

Pour mieux maîtriser les paramètres déterminants, les automates programmables à circuit fermé comptant des configurations et des degrés de complexité divers reçoivent la rétroaction de dispositifs sur place pour assurer une régulation plus précise et plus modulée.

La programmation d'un automate programmable peut se faire au moyen d'un programmateur à main ou par téléchargement à partir d'un ordinateur personnel. Pour des raisons d'ordre pratique, on a souvent recours à un programmateur pour élaborer la documentation du système décrivant sa configuration et son fonctionnement. Cette étape est parfois négligée, mais il est important pour quantité de raisons d'ajouter de la documentation au programme utilisateur. Particulièrement dans le domaine de la gestion de l'énergie, la documentation aide :

- les opérateurs en leur fournissant de l'information sur le système qui leur permettra de comprendre son fonctionnement;
- le personnel de la maintenance à diagnostiquer les problèmes et à assurer la maintenance du système;
- les responsables des décisions de mise à niveau;
- tous ceux qui se posent des questions à trouver des réponses, à diagnostiquer les problèmes et à apporter les modifications qui s'imposent à la suite de changements des besoins;
- ceux qui voudraient une reproduction du système pour d'autres usages.

*Contrôleurs d'automatisation industrielle*

Ces dispositifs constituent une nouvelle génération de contrôleurs qu'on ne peut qualifier d'automates programmables ni d'ordinateurs personnels. On les utilise souvent pour des applications spéciales, comme la commande de mouvement ou le contrôle des procédés, en particulier dans les servocommandes complexes à boucle fermée comme celles qu'on trouve dans les systèmes robotiques.

*Systèmes de commande numérique directe*

Les systèmes de commande numérique directe (CND) sont généralement utilisés dans les systèmes complexes où l'on doit coordonner les opérations de nombreux dispositifs. Tout comme les automates programmables, les systèmes de CND renferment des capteurs et des dispositifs de sortie; toutefois, un ordinateur remplace le contrôleur logique. Grâce à l'ordinateur, ces systèmes sont souples et peuvent gérer des procédés complexes, car il est possible de changer les points de consigne à distance et de manière dynamique. En outre, ils permettent aux opérateurs de démarrer et d'arrêter certains appareils à distance. Les systèmes de CND présentent un autre avantage : ils peuvent stocker, analyser et afficher les données.

*Commande des procédés micro-informatisée*

Un ensemble d'automates programmables individuels peut être remplacé par un système entièrement intégré de commande des procédés micro-informatisée. Le responsable de la gestion de l'énergie dispose alors d'un outil qui intègre les

opérations de façon uniforme et reproductible. Divers systèmes sont disponibles sur le marché pour des applications telles que l'appareillage de chaufferie, la réfrigération et le conditionnement. Ces systèmes peuvent être assortis de programmes de simulation pour vérifier divers scénarios. Dans l'intégration du système, on a recours à divers moyens de transmission des signaux électroniques, dont la radiofréquence.

L'investissement dans un optimiseur de procédés réduira la consommation d'énergie dans une usine, grâce à l'utilisation d'un système d'échantillonnage et à un ordinateur de commande, pour que l'usine fonctionne avec une consommation d'énergie minimale.

*Systèmes experts de commande (« systèmes d'intelligence artificielle »)*

Les systèmes experts de commande utilisent des connaissances spécialisées, généralement obtenues d'un spécialiste humain, pour accomplir des tâches de résolution de problèmes comme poser le diagnostic, donner des conseils, procéder à des analyses et proposer une interprétation. En exploitant et en formalisant le savoir-faire humain, ce genre de système peut :

- améliorer la productivité et réduire le délai d'exécution;
- améliorer la qualité des conseils et des analyses, et améliorer par conséquent l'efficacité de l'exploitation et la qualité du produit;
- donner facilement accès à un savoir-faire rare et atténuer par conséquent une pénurie de personnel compétent (en particulier lorsque des professionnels chevronnés fort appréciés prennent leur retraite).

Les systèmes experts de commande ne sont pas utilisés à grande échelle au Canada, mais ils sont offerts sur le marché. Ils intègrent un contrôle informatique perfectionné pour coordonner et optimiser les opérations industrielles et présentent d'excellentes possibilités d'économie d'énergie. Parmi les exemples de leurs applications, mentionnons l'industrie lourde et la régulation du refroidissement et de la fabrication, en particulier en ce qui a trait à la consommation de produits des services publics. Leur déploiement dans le cadre des systèmes de gérance énergétique permet à la gestion de l'énergie et des intrants des services publics de devenir une fonction tout aussi importante dans une usine que la gestion des autres ressources. Par exemple, une usine du Royaume-Uni, aux prises avec des coûts d'énergie pour le refroidissement en constante augmentation, s'est dotée d'un système expert de diagnostic des anomalies du refroidissement qui surveille en continu la performance, évalue le rendement de l'usine et propose des causes possibles lorsque le rendement ne correspond pas aux attentes. Le système recommande également des mesures correctives.

### Facteurs environnementaux

Les commandes automatiques ont une incidence indirecte sur les émissions de polluants, puisque leur utilisation permet de réduire la consommation d'énergie d'un procédé ou d'un équipement, et donc de réduire les émissions attribuables à la production d'énergie. Voir la section 1.1, « Changements climatiques », à la page 1, pour une analyse de la réduction des polluants liée aux améliorations éconergétiques et la marche à suivre pour la calculer.

# Fiche d'évaluation – Commandes automatiques

## Systèmes pouvant être dotés de commandes automatiques

Inspecter les installations en notant comment se fait la régulation des opérations consommatrices d'énergie.

***Certaines opérations sont-elles encore commandées manuellement?***

☐ Oui Consulter un ingénieur concernant l'installation d'automates programmables ou de systèmes de commande numérique directe (CND).

☐ Non Aucune mesure à prendre.

Fait par : _____ Date : _____

***Utilise-t-on des automates programmables ou des systèmes de CND?***

☐ Oui Étalonner les capteurs, vérifier les points de consigne des contrôleurs et les dispositifs de commande finale, vérifier l'intégrité de la programmation.

Adopter un programme d'entretien préventif.

☐ Non Moderniser les systèmes de régulation par l'achat des dispositifs appropriés.

Fait par : _____ Date : _____

***Des processus contrôlés par automates programmables entrent-ils en conflit les uns avec les autres?***

☐ Oui Envisager de les remplacer par un système de CND qui peut superviser l'ensemble du processus.

☐ Non Aucune mesure à prendre.

Fait par : _____ Date : _____

***Est-il possible d'installer un système expert de commande?***

☐ Oui Consulter un spécialiste en vue d'une éventuelle application.

☐ Non Aucune mesure à prendre.

Fait par : _____ Date : _____

***L'équipement de procédé ainsi que l'équipement de chauffage et de refroidissement sont-ils tous commandés par des thermostats?***

☐ Oui Vérifier les commandes pour s'assurer qu'elles fonctionnent correctement.

☐ Non Installer des commandes thermostatiques programmables sur le matériel non commandé. Équiper de thermostats programmables les appareils de chauffage et de refroidissement, le cas échéant.

Envisager l'intégration des commandes dans un système de gestion énergétique du bâtiment.

Fait par : _____ Date : _____

***L'éclairage extérieur est-il à commande manuelle?***

☐ Oui — Envisager d'installer des commandes à cellules photoélectriques ou des minuteries pour s'assurer que les lumières sont éteintes pendant la journée.

Envisager l'installation de détecteurs de présence pour que les lumières s'allument uniquement lorsque c'est nécessaire au cours de la nuit.

☐ Non — Vérifier les cellules photoélectriques ou les commandes de minuterie pour s'assurer qu'elles fonctionnent correctement.

Fait par : _____ Date : _____

***L'éclairage intérieur est-il à commande manuelle?***

☐ Oui — Envisager d'installer des détecteurs de présence et/ou des minuteries.

☐ Non — Vérifier les commandes pour s'assurer qu'elles fonctionnent correctement.

Fait par : _____ Date : _____

N.B. : Aux questions types utilisées dans la feuille d'évaluation, vous pouvez ajouter celles qui sont propres à votre installation.

## 2.15 Caractéristiques architecturales

Un programme exhaustif de gestion de l'énergie serait incomplet sans une évaluation de l'incidence des bâtiments sur la consommation d'énergie globale. Les bâtiments érigés avant 1980 – lorsque l'énergie était comparativement peu coûteuse – sont souvent mal isolés et peu étanches. Les codes du bâtiment actuellement en vigueur établissent des critères minimaux d'économie d'énergie pour les bâtiments neufs. Voir, p. ex., l'introduction au *Code modèle national de l'énergie pour les bâtiments* qu'on peut commander sur le site Web à l'adresse http://oee.rncan.gc.ca/francais/programs/energycode.cfm. Ces critères s'appliquent également dans leur intégrité à la réparation, à la rénovation ou à l'agrandissement d'anciens bâtiments. L'efficacité énergétique doit être intégrée à de saines pratiques d'ingénierie comme il est décrit précédemment et dans la norme ASHRAE/IES 90.1-1999, intitulée *Energy efficient design of new buildings.*

Le respect de ces codes et normes ainsi que des autres codes et normes en vigueur concernant la construction et l'exploitation de bâtiments industriels (notamment l'isolation, le chauffage et la ventilation) permet également de répondre aux exigences d'hygiène, de sécurité et de confort de ceux qui y travaillent. Dans toute analyse d'amélioration de l'efficacité énergétique d'un bâtiment, il y a lieu d'examiner ces aspects avec soin.

Les systèmes CVC doivent compenser la perte de chaleur par l'enveloppe du bâtiment en hiver et le gain de chaleur en été, ce qui ajoute aux coûts d'exploitation des lieux. On peut réduire ces transferts de chaleur principalement de deux façons :

- en diminuant le transfert thermique entre les éléments constituants du bâtiment (p. ex., les murs, le toit et les fenêtres);
- en diminuant les fuites d'air – par infiltration et exfiltration – par les ouvertures (p. ex., les portes et fenêtres).

### Réduction du transfert thermique

*Murs et toit*

Dans quantité de bâtiments, il est difficile et coûteux d'améliorer l'isolation des murs en raison de la technique de construction d'origine ou du fait que les travaux perturberaient les activités. En pareil cas, il est souvent possible d'ajouter de l'isolant à l'extérieur du bâtiment et de le recouvrir d'un nouveau revêtement imperméable à l'eau. Lorsque le bâtiment compte une surface murale orientée vers le sud ou le sud-ouest, on peut prévoir la construction de « murs accumulateurs de chaleur » dans les travaux de rénovation (voir la section 2.8, « Systèmes de chauffage, de ventilation et de conditionnement d'air », à la page 105) pour une augmentation accrue de l'efficacité énergétique. L'amélioration de l'isolation de la toiture a des résultats plus marqués quand il s'agit de bâtiments industriels dotés d'un vaste toit plat, car la plupart des pertes de chaleur en hiver et des

Commencer **d'abord** par étanchéiser le bâtiment pour empêcher l'infiltration et l'exfiltration d'air, et examiner **par la suite** l'isolation et les systèmes CVC.

## Conseil

- Le double vitrage est la norme minimale en Ontario.
- Choisir des vitrages scellés perfectionnés pour les fenêtres donnant sur le nord ou fortement exposées au vent.
- Le verre enduit d'une pellicule à faible émissivité donne un meilleur rendement avec l'injection de gaz.

gains de chaleur en été se font par la toiture. Une nouvelle membrane de toit isolée peut être revêtue d'une peinture polymère isolante réfléchissante de couleur argent, qui aidera à réduire la transmission de chaleur. Voir le tableau 2.3 ci-après pour obtenir des détails relatifs à la résistance thermique. Il y a lieu de respecter les bonnes pratiques de construction et notamment de prévoir la ventilation de l'entretoit et d'empêcher la pénétration de vapeur d'eau dans les espaces isolés, comme le précisent les codes du bâtiment.

### TABLEAU 2.3
### Résistance thermique minimale de l'isolation

| Éléments du bâtiment exposés à l'extérieur ou espaces non chauffés | Valeur isolante RSI (R) requise | | |
|---|---|---|---|
| | Zone 1 < 5 000 degrés-jours | Zone 2 > 5 000 degrés-jours | Chauffage électrique des locaux Zones 1 et 2 |
| Plafond sous l'entretoit ou le vide de toit | 5,40 (R-31) | 6,70 (R-38) | 7,00 (R-40) |
| Toiture sans entretoit ni vide de toit | 3,52 (R-20) | 3,52 (R-20) | 3,87 (R-22) |
| Mur autre qu'un mur de fondation | 3,00 (R-17) | 3,87 (R-22) | 4,70 (R-27) |
| Mur de fondation renfermant un espace chauffé | 1,41 (R-8) | 2,11 (R-12) | 3,25 (R-19) |
| Plancher autre qu'une dalle sur terre-plein | 4,40 (R-25) | 4,40 (R-25) | 4,40 (R-25) |
| Dalle sur terre-plein renfermant la tuyauterie ou les conduits de chauffage | 1,76 (R-10) | 1,76 (R-10) | 1,76 (R-10) |
| Dalle sur terre-plein ne renfermant pas de tuyauterie ni de conduits de chauffage | 1,41 (R-8) | 1,41 (R-8) | 1,41 (R-8) |

*D'après les zones de degrés-jours : consultez le bureau local des permis de construire pour obtenir des directives.*
*Source : Code de bâtiment de l'Ontario, 1997.*

### Fenêtres

Nombre de bâtiments anciens, en particulier les usines, sont munis de fenêtres à vitrage simple peu étanches. À défaut de les remplacer par des fenêtres modernes à vitrage scellé, on peut poser des panneaux en matière plastique ou en fibre de verre. Certains types de panneaux sont fabriqués comme des fenêtres à double paroi permettant le passage de la lumière, mais sont incassables et plus économétiques que les fenêtres en verre à vitrage simple. Le tableau 2.4 ci-après présente un tableau comparatif de la valeur isolante des fenêtres.

Au cours des dix dernières années, la technologie a beaucoup progressé, si l'on compare les nouveaux produits aux fenêtres à double vitrage courantes, dotées d'une couche d'air de 12 mm entre les parois et ayant un indice d'isolation de RSI 0,35 (R-2) :

- Les fenêtres à triple vitrage standard comportent une couche d'air (et également du poids) supplémentaire, ce qui augmente leur valeur isolante.
- On a recours à des enduits pour réduire l'émissivité et la réflexion thermiques. Une pellicule à faible émissivité réduit la chaleur rayonnante traversant le verre et permet d'atteindre le même indice d'isolation que le triple vitrage sans pellicule.
- L'injection de gaz (p. ex., de l'argon ou du krypton) entre les vitres accroît encore l'indice d'isolation.
- Les fenêtres à triple vitrage à haut rendement peuvent être dotées d'une pellicule à faible émissivité et d'une couche de gaz. Leur indice d'isolation est presque cinq fois supérieur à celui d'une fenêtre à vitrage simple.

On peut également teinter les fenêtres ou les habiller de rideaux à l'intérieur ou de persiennes à l'extérieur pour les isoler de la chaleur en été et du froid en hiver (ces dispositifs sont également régis par les codes du bâtiment et les règlements de l'ASHRAE).

**TABLEAU 2.4**
**Indices d'isolation RSI et R pour les fenêtres**

| Couches de vitrage | Type de verre | Indice RSI/R |
|---|---|---|
| Double – vide d'air de 12 mm | Ordinaire, air | RSI 0,35/R-2 |
| | Faible émissivité | RI 0,52/R-2,9 |
| | Faible émissivité, injection d'argon | RSI 0,62/R-3,5 |
| Triple – 2 vides d'air de 12 mm | Ordinaire, air | RSI 0,54/R-3 |
| | Faible émissivité | RSI 0,69/R-3,9 |
| | Faible émissivité, injection d'argon | RSI 0,76/R-4,3 |

Une porte d'usine type présentant une fissure de 3,2 mm a un taux d'infiltration de 5 L/s par mètre de fissure. Une porte mal installée avec une fissure de 6,4 mm permet une infiltration d'air deux fois plus importante.

**En réduisant les fuites, on réduit les coûts de chauffage et de climatisation.**

### Réduction des fuites d'air

Examiner toutes les ouvertures (évents, fenêtres et portes extérieures) pour déceler les fissures qui permettraient à l'air de pénétrer dans le bâtiment ou d'en sortir. Boucher les fissures au moyen de calfeutrage ou de coupe-bise.

Les vestibules, les portes tournantes et les ferme-portes automatiques aident à réduire les pertes attribuables aux portes ouvertes. Il faut inspecter régulièrement les joints d'étanchéité des portes des quais de chargement; les joints usés ou endommagés créent de larges interstices entre le quai et la remorque.

Les portes isolées ont un indice RSI d'environ 1,2 (R-7), alors que celui d'une porte en bois massif traditionnelle n'est que de 0,35 (R-2). Les portes les plus écoénergétiques sont isolées, non vitrées et dotées d'un coupe-bise double. On utilise des portes spéciales pour les aires réfrigérées.

### Récupération d'énergie

Les codes du bâtiment recommandent d'examiner l'option d'un système de récupération de l'énergie lorsque les fluides rejetés, y compris l'air, sont d'une température convenable et qu'il existe un besoin d'énergie ailleurs sur un grand nombre d'heures d'exploitation. Récemment, de nombreuses études de cas ont été présentées dans Internet pour faire valoir que l'on peut réduire de façon appréciable la consommation d'énergie dans les bâtiments commerciaux et industriels en ayant recours à des échangeurs de chaleur et à des pompes à chaleur (y compris les pompes géothermiques). Les économies dépassent souvent 50 p. 100.

La conception et l'installation des pompes géothermiques et des thermopompes à eau doivent répondre, au minimum, à la norme CAN/CSA C748, C13256-1 et C13256-2 de l'Association canadienne de normalisation (CSA).

### Gestion centralisée de l'énergie des bâtiments

Les codes du bâtiment recommandent également que tout système de commande et de surveillance pour la gestion centralisée de l'énergie d'un bâtiment permette au minimum d'obtenir les relevés et les totaux quotidiens pour la demande d'électricité ainsi que pour la consommation externe d'énergie, d'eau et de combustibles fossiles.

Dans certaines installations, on doit lutter contre les rigueurs de l'hiver canadien en installant des câbles chauffants extérieurs pour éviter la formation de glace (p. ex. dans les gouttières, dans les tuyaux de descente, sur les toits en verre et sur les toits plats situés au-dessus des tuyaux de descente chauffés, dans les terrains de stationnement, sur les voies d'accès pour voitures et dans les entrées). Dans plusieurs cas, ce chauffage reste allumé pendant tout l'hiver. Dans d'autres, la commande est manuelle, rudimentaire et imprécise, si bien que la consommation d'énergie est inutilement élevée. Un système de commande intelligent, intégré à un système de gestion centralisée de l'énergie du bâtiment, offrira une solution efficace à ces problèmes.

### Autres possibilités de gestion de l'énergie

Outre les idées et les exemples présentés précédemment, les mesures suivantes pourraient s'avérer profitables :

- Consulter un expert-conseil en thermographie pour détecter les zones qui nécessitent une isolation supplémentaire ou la réparation des fuites d'air.
- Ajouter un isolant dans la mesure où cette solution est rentable, dans une perspective de réduction des coûts de l'énergie à long terme.
- Utiliser de façon novatrice la technologie du chauffage solaire actif ou passif pour le chauffage des locaux ou de l'eau, en particulier en association avec une meilleure isolation, une amélioration des fenêtres et une récupération de la chaleur de l'air évacué.

### Facteurs environnementaux

En isolant un bâtiment et en l'étanchéisant contre le froid en hiver et la chaleur en été, on réduit la quantité d'énergie requise pour les systèmes de chauffage et de refroidissement et, par le fait même, les émissions polluantes associées à l'exploitation de ces systèmes de production d'énergie primaire. Voir la section 1.1, « Changements climatiques », à la page 1, pour connaître la marche à suivre afin de calculer la réduction des polluants liée aux améliorations éconergétiques.

## Fiche d'évaluation – Caractéristiques architecturales

### Isolation des murs

Vérifier la construction des murs, en particulier le type et l'épaisseur de l'isolant.

***Le mur est-il bien isolé? Chercher des signes de gel ou de condensation sur la paroi intérieure des murs extérieurs en hiver.***

☐ Oui — Aucune mesure à prendre.

☐ Non — Améliorer l'isolant en ajoutant une couche à l'intérieur ou à l'extérieur du bâtiment. Consulter un entrepreneur spécialisé pour obtenir des renseignements sur les améliorations appropriées.

Fait par : _____ Date : _____

***Les surfaces isolées sont-elles dotées d'un pare-vapeur adéquat et convenablement installé?***

☐ Oui — Aucune mesure à prendre.

☐ Non — Installer un pare-vapeur ou un revêtement mural intérieur imperméable à la vapeur.

Fait par : _____ Date : _____

Vérifier la construction du toit, en particulier le type d'isolant et son épaisseur.

***Le toit est-il convenablement isolé? La neige s'accumule sur un toit bien isolé.***

☐ Oui — Aucune mesure à prendre.

☐ Non — Envisager d'améliorer dès que possible l'isolation du toit (consulter un entrepreneur spécialisé).

Fait par : _____ Date : _____

### Fenêtres

Vérifier le type de fenêtres et leur état.

***Y a-t-il des fenêtres à vitrage simple?***

☐ Oui — Les remplacer par des fenêtres à double ou à triple vitrage ou installer des contre-fenêtres à l'extérieur (consulter un entrepreneur spécialisé).

☐ Non — Aucune mesure à prendre.

Fait par : _____ Date : _____

***Y a-t-il des fenêtres brisées ou fissurées? Y a-t-il des interstices entre les châssis des fenêtres et les murs?***

☐ Oui Remplacer les fenêtres brisées ou fissurées.
Calfeutrer les interstices dans les châssis des fenêtres et autour de ces châssis.

☐ Non Procéder à une vérification tous les six mois afin de respecter la norme.

Fait par : _____ Date : _____

***Y a-t-il beaucoup de fenêtres orientées vers l'est, le sud ou l'ouest?***

☐ Oui Pour réduire le gain de chaleur en été, envisager de doter les fenêtres de panneaux de verre réfléchissant ou d'installer des rideaux ou des stores.

☐ Non Aucune mesure à prendre.

Fait par : _____ Date : _____

## Infiltration et exfiltration d'air

Procéder à une vérification pour détecter les fuites autour des évents, des fenêtres et des portes, sans oublier les portes du quai de chargement; voir si des fenêtres ou des portes ne restent pas ouvertes inutilement.

***Avez-vous décelé des courants d'air autour des évents, des fenêtres et des portes?***

☐ Oui Installer des coupe-bise sur les portes.
Calfeutrer les évents et les fenêtres (entre les châssis et les murs du bâtiment.)

☐ Non Aucune mesure à prendre si tout est en ordre; toutefois, envisager d'avoir recours à un spécialiste en intempérisation qui dépressurisera le bâtiment pour vérifier l'intégrité de son enveloppe.

Fait par : _____ Date : _____

***Les portes extérieures donnent-elles sur un vestibule?***

☐ Oui Aucune mesure à prendre.

☐ Non Envisager d'installer des vestibules, des portes tournantes ou des ferme-portes automatiques pour réduire l'écoulement d'air par les portes extérieures.

Fait par : _____ Date : _____

***Les portes du quai de chargement sont-elles dotées de joints d'étanchéité?***

☐ Oui Vérifier fréquemment l'état des joints.

☐ Non Installer des joints d'étanchéité pour réduire les fuites d'air.
Envisager d'installer des rideaux d'air.

Fait par : _____ Date : _____

N.B. : Aux questions types utilisées dans la feuille d'évaluation, vous pouvez ajouter celles qui sont propres à votre installation.

## 2.16 Fours, sécheurs et fours de cuisson

Plusieurs installations possèdent du matériel (p. ex., fours, sécheurs et fours de cuisson) qui consomme directement un combustible pour produire la chaleur nécessaire à un procédé, plutôt que de transférer la chaleur provenant entre autres de l'eau ou de la vapeur. Dans ce type de matériel, la chaleur de la flamme est appliquée directement ou indirectement aux matières utilisées dans le procédé.

Dans le cas des fours, des sécheurs et des fours de cuisson, qui fonctionnent à des températures très élevées, on peut parfois tirer parti de possibilités d'économies d'énergie, dont la récupération de la chaleur. Encore faut-il :

- examiner les pratiques actuelles et se demander s'il est nécessaire que la température soit aussi élevée;
- s'assurer d'obtenir un rendement maximal de ces systèmes, en se concentrant d'abord sur les pertes d'énergie attribuables à un excès d'air, à la température des gaz de combustion, au rayonnement et à la conduction.

À titre d'exemple du premier point, un fabricant de vélos a remplacé un apprêt à base de solvants par une peinture à l'eau. Outre les avantages environnementaux évidents qui en découlent, cela a permis de réduire substantiellement les températures nécessaires au séchage et au durcissement de la peinture et a également entraîné une diminution de la consommation d'énergie du four de séchage. L'intégration d'un four à moufle au tunnel de séchage a permis à l'entreprise de réaliser d'autres économies.

Après avoir tenu compte des deux points ci-dessus, examiner les possibilités de réduction des besoins énergétiques et de récupération de la chaleur de l'air évacué grâce à l'un des nombreux moyens offerts de nos jours.

### Pertes de chaleur

*Excès d'air*

La quantité d'excès d'air utilisé dans un four, un sécheur ou un four de cuisson varie selon l'application; p. ex., les sécheurs à chauffage direct ont besoin de grandes quantités d'excès d'air pour évacuer rapidement les vapeurs du four (voir l'exemple précédent). L'excès d'air retire la chaleur générée pour les procédés, qui s'échappe alors par la cheminée. Il faut donc contrôler et régler l'excès d'air afin d'obtenir la quantité minimale requise pour obtenir le résultat voulu.

Même une ouverture de 0,16 cm ou 1/8 de pouce autour de la porte d'un four peut finir par représenter une brèche importante et occasionner une infiltration substantielle d'air frais. L'excès d'air absorbe de la chaleur qui devrait servir à chauffer le produit, de sorte qu'une diminution de l'excès d'air entraîne des économies. Une bonne maintenance peut réduire mais (sauf dans le cas d'équipement neuf) rarement éliminer les infiltrations d'air frais, ce que l'on peut obtenir par la pressurisation du four et par la gestion ainsi que le réglage de la flamme du brûleur. On peut prévenir l'infiltration d'air frais provenant de fentes en maintenant en tout temps une pression positive à l'intérieur du four. On peut également faire

appel à plusieurs technologies axées sur le réglage de l'ouverture de la cheminée et sur une variété de méthodes de combustion pulsatoire, ainsi que sur la stabilité du niveau de chaleur (maintenir l'allure maximale la plupart du temps). Outre la réduction substantielle des émissions qui les accompagne, les économies d'énergie globales peuvent être de 60 p. 100.

*Pertes de chaleur par rayonnement et par convection*

Les pertes de chaleur par rayonnement et par convection d'un four, d'un sécheur ou d'un four de cuisson peuvent être importantes si l'on ne veille pas à l'entretien de l'équipement. Elles peuvent être attribuables aux problèmes suivants :

- isolant endommagé ou inexistant;
- four dont les portes ou les couvercles sont absents;
- portes et couvercles endommagés, tordus ou mal ajustés;
- ouvertures de l'enceinte du four qui laissent traverser l'air.

Se reporter aux figures 2.8 et 2.9 à la page 178 pour voir le lien entre la température de la paroi du four et la perte d'énergie qui en résulte, et entre la température du four et la perte d'énergie par les ouvertures de l'enceinte du four.

## Commandes et surveillance

Sans commandes adéquates, les efforts d'amélioration de l'efficacité énergétique sont voués à l'échec. Le matériel de surveillance devrait être installé de façon à ce que les opérateurs puissent déterminer la consommation d'énergie par unité de production. Tout écart par rapport à cette norme peut alors être décelé et des mesures correctives, être prises.

Comme il est mentionné ci-dessus, l'efficacité d'un four peut souvent être améliorée par la modernisation des commandes et le changement du type de brûleur. Les systèmes automatisés prévoyant le contrôle de l'alimentation en combustible et en air, de la pression des gaz et du registre de tirage (au moyen de capteurs de pression) et la surveillance étroite des conditions à l'intérieur du four aux fins de combustion optimale permettent de mieux maîtriser la consommation d'énergie et de réduire les niveaux d'excès d'air. Grâce aux systèmes permettant également de réduire l'apport d'oxygène, il est possible de contrôler encore mieux l'excès d'air.

Dans le cas du séchage et de la cuisson, les éléments mesurables comprennent le taux d'humidité final des solides séchés, la qualité du produit et l'apport de chaleur et d'énergie à l'équipement.

Au nombre des technologies de commande et de surveillance, mentionnons les commandes de calcul proportionnel, intégral et dérivé, les commandes asservies et prédictives, les commandes d'intégration des procédés, la modélisation dynamique et les systèmes experts de commande.

**FIGURE 2.8**
**Rapport entre la perte d'énergie par les parois des fours et la température des parois**

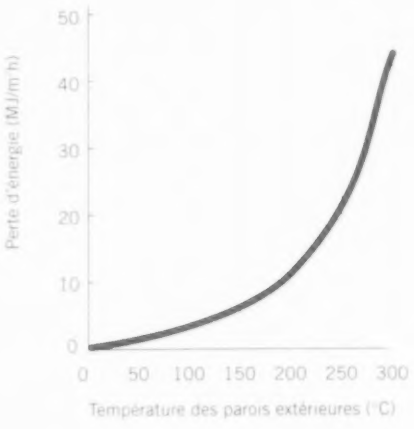
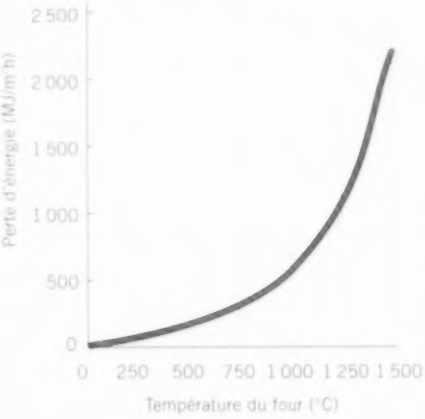



**FIGURE 2.9**
**Rapport entre la perte d'énergie par rayonnement par les ouvertures et la température du four**




Dans l'ensemble, les principaux avantages des technologies de commande et de surveillance des fours, sécheurs et fours de cuisson industriels sont les suivants :

- réduction des pertes de produits;
- amélioration de la qualité et de l'uniformité des produits;
- amélioration de la fiabilité des opérations;
- amélioration de l'efficacité énergétique de 50 p. 100 ou plus.

## Technologies de séchage

Les paragraphes suivants ont pour objet de décrire brièvement la gamme de technologies actuellement offertes sur le marché pour améliorer et moderniser l'équipement en place afin d'en accroître l'efficacité énergétique. Pour enlever l'humidité ou les solvants organiques par évaporation, un gaz (habituellement de l'air) sert normalement à transférer la chaleur nécessaire au substrat à sécher dans divers types d'équipement industriel. Il permet également de retirer la vapeur produite. Il s'agit généralement de chauffage indirect. La chaleur servant au séchage peut également être produite par d'autres moyens, comme le chauffage par pertes diélectriques (y compris par micro-ondes et par radiofréquences), l'induction électromagnétique, le rayonnement infrarouge, la conduction thermique par les parois du sécheur ou par une combinaison de ces techniques.

### *Chauffage direct*

Le chauffage direct fait appel à un mélange de gaz de combustion chauds produits par un brûleur, d'air recyclé et d'air frais. Il ne nécessite pas l'équipement de transfert de chaleur utilisé dans le séchage indirect. Ainsi, les pertes de chaleur passent d'une moyenne de 40 à 50 p. 100 (dans le cas des systèmes à vapeur) à 10 p. 100 avec la chaleur directe. L'utilisation des gaz d'échappement chauds dans un système de production combinée d'électricité et de chaleur permet d'améliorer encore plus l'efficacité globale. Puisque le gaz naturel est surtout utilisé, le produit n'est pas contaminé par les gaz d'échappement; le chauffage direct peut servir au séchage des produits alimentaires.

Le chauffage direct peut représenter un investissement rentable. Il peut être intégré à l'étape de la conception d'un procédé, mais également dans le cadre d'un projet d'amélioration d'un sécheur en place. Un contrôle plus précis de la température, un chauffage plus uniforme, un degré d'intensité accru (c.-à-d. une réduction de la consommation d'énergie par unité de production) et la possibilité de l'intégrer au système de commande en place sont au nombre des avantages de ce type de chauffage.

*Chauffage à l'électricité*

Cette méthode permet de diriger de façon précise la puissance calorifique de l'énergie électromagnétique vers le solide ou l'humidité que contient le solide, et ainsi d'éviter de devoir chauffer de l'air de séchage. Bien que, au point d'utilisation, l'efficacité de cette méthode de chauffage soit de 100 p. 100, il y a une perte car le taux de conversion du courant alternatif aux radiofréquences est de 50 p. 100, et de 60 p. 100 aux micro-ondes. Le séchage par induction peut être envisagé seulement dans le cas où le substrat est un conducteur électrique. Au nombre des avantages du chauffage à l'électricité, mentionnons le contrôle plus précis des températures du four, une qualité plus élevée du produit, un démarrage plus rapide, une maintenance plus simple des fours et des incidences environnementales plus faibles du procédé dans son ensemble.

Avec le chauffage à l'électricité, le séchage est également beaucoup plus rapide (p. ex., il peut prendre seulement 3 p. 100 du temps requis dans le cadre d'un procédé habituel, notamment dans le cas des céramiques), ce qui contribue à un délai de récupération des sommes investies d'un à trois ans.

Les économies d'énergie découlant de l'installation d'un sécheur électrique sont fonction de l'efficacité énergétique du sécheur qui est remplacé.

*Autres mesures*

Pour améliorer l'efficacité des sécheurs et des fours, on peut faire appel à d'autres procédés, comme :

- la déshydratation mécanique, notamment par l'utilisation de presses;
- l'enlèvement d'humidité de surface au moyen du drainage par gravité, centrifugation ou lame d'air;
- l'isolation thermique des composants du système qui ne sont pas ou sont insuffisamment isolées (p. ex., chambres de combustion, réseaux de gaines, échangeurs de chaleur).

La vapeur surchauffée peut servir au séchage en remplacement de l'air; elle permet de tirer parti de l'eau évaporée comme source de chaleur pour d'autres procédés. Les appareils qui utilisent de la vapeur surchauffée consomment 20 p. 100 moins d'énergie que les sécheurs habituels. Les techniques de récupération de la chaleur permettent d'obtenir des économies d'énergie pouvant atteindre 80 p. 100.

## Récupération de la chaleur

Pour estimer les économies pouvant être réalisées en faisant appel à un système de récupération de la chaleur d'un sécheur, on doit suivre les étapes suivantes :

- déterminer la température et le taux d'humidité de l'air d'entrée et de sortie;
- évaluer la quantité de chaleur récupérable par l'intégration des procédés;
- calculer, à partir des devis des entrepreneurs, le coût total du projet par kWh de chaleur récupérée pour estimer le coût total du projet;
- déterminer, à partir des prix d'énergie locaux, la valeur de chaque kWh économisé;
- calculer le délai de récupération des sommes investies.

Dans une installation de séchage, la récupération de la chaleur peut s'appliquer au transfert de la chaleur des gaz d'échappement à l'air d'entrée (p. ex., par un échangeur de chaleur ou en mélangeant une partie des gaz d'échappement recyclés avec de l'air d'entrée frais), au produit ou à un autre circuit ou opération de traitement. Il faut choisir soigneusement chaque système de récupération de la chaleur selon l'application et le sécheur utilisé. Il peut s'agir notamment de pompes à chaleur (entraînées par un moteur électrique ou au gaz), de systèmes qui recyclent les gaz d'échappement, de calorifuges, d'échangeurs de chaleur par contact direct, de récupérateurs air-air à plaques ou tubulaires, de serpentins ou de roues à chaleur. Demander l'avis d'un expert-conseil bien informé et impartial – deux qualités qui pourraient ne pas être présentes chez un vendeur – pour trouver la solution à un problème particulier.

La température des gaz d'échappement des fours et des séchoirs est habituellement plus élevée que celle des gaz d'échappement des chaudières. Il existe de nombreuses possibilités de récupérer et de réutiliser la chaleur qu'ils contiennent.

Le choix du système de récupération de la chaleur dépend de l'utilisation de la chaleur récupérée. Les échangeurs de chaleur récupérateurs sont au nombre des moyens utilisés pour récupérer la chaleur des fours et des sécheurs. Ils transfèrent la chaleur des gaz de combustion chauds à l'air comburant. Les réchauffeurs d'air régénératifs sont composés de deux ensembles distincts de briques réfractaires, qui sont tour à tour chauffées par les gaz de combustion chauds et refroidis par l'air comburant. Dans les usines de transformation du bois, qui utilisent la combustion de la biomasse, la chaleur peut également servir au préchauffage de l'écorce humide qui doit être brûlée.

Un autre moyen d'améliorer l'efficacité énergétique, particulièrement au sein des industries du ciment, de la chaux et de la calcination de l'alumine, est d'utiliser des brûleurs à deux combustibles, en prévision de pénuries temporaires du combustible principal – l'oxyde de carbone (CO) –, le gaz naturel servant alors de combustible d'appoint. Une grande société canadienne a récemment démontré que les activités d'exploitation peuvent se poursuivre même lorsque les réserves de CO sont basses, de manière à éviter un gaspillage d'énergie découlant de l'arrêt du four.

Il est possible de récupérer le potentiel énergétique des gaz d'échappement des fours et des sécheurs, tel le CO, dans diverses industries (première transformation des métaux, pétrochimie et recyclage) en récupérant la chaleur des torches pour préchauffer l'air comburant des chaudières et même pour exploiter des micro-turbogénératrices.

## Possibilités de gestion de l'énergie

Outre les idées présentées ci-dessus :

*Gestion interne*

- Ne pas négliger l'équipement de séchage et les procédés en amont, ce qui peut donner comme résultat une économie de 10 p. 100 de la charge totale d'énergie.
- Mettre en œuvre un programme d'inspections régulières et d'entretien préventif.
- Veiller au réglage approprié du brûleur, et surveiller les niveaux de résidus et d'oxygène dans les gaz de combustion.

- Nettoyer régulièrement les surfaces des échangeurs de chaleur.
- Établir le calendrier de production de façon à ce que chaque four ou sécheur fonctionne presque à sa puissance maximale.
- S'assurer que l'équipement est toujours bien isolé.

*Faible coût*

- Moderniser l'équipement de commande et de surveillance ou ajouter de l'équipement neuf.
- Déplacer l'entrée d'air comburant pour récupérer la chaleur provenant des autres procédés (ou de l'intérieur du bâtiment).
- Remplacer les portes et les couvercles tordus ou endommagés des fours.

*Rénovation*

- Installer un échangeur de chaleur air-liquide pour chauffer les liquides utilisés dans les procédés, comme l'eau d'appoint des chaudières (les grands systèmes permettent l'utilisation d'une chaudière de récupération de la chaleur).
- Installer un laveur permettant de récupérer la chaleur tout en enlevant les particules et les gaz indésirables (les particules captées et recyclées peuvent contribuer à réduire le coût des matières premières).
- Examiner d'autres types de distribution de la chaleur pour le séchage (p. ex., les technologies modernes de chauffage et de séchage des produits décrits précédemment) afin de remplacer les anciens fours.
- Envisager l'utilisation de combustibles de remplacement pour alimenter les fours de cuisson (p. ex., de vieux pneus).
- Intégrer et automatiser les commandes pour obtenir une efficacité énergétique optimale.
- Changer de méthode de déplacement du produit à l'intérieur du four pour faciliter le transfert rapide de chaleur au produit (p. ex., en remplaçant les chariots par des grilles ou des plaques résistants à la chaleur).
- Optimiser les opérations des fours à arc électrique par l'analyse continue des dégagements gazeux d'hydrogène et de CO du combustible, et en régulant en conséquence les ratios oxygène/carbone des brûleurs.
- Optimiser l'utilisation de gaz de cokerie, de gaz de haut fourneau et de gaz naturel dans les fonderies, pour réduire le plus possible les gaz résiduels à brûler et les achats de gaz naturel, en améliorant la capacité du système de distribution, l'automatisation et le contrôle informatisé.

### Facteurs environnementaux

Les mesures permettant de réduire la consommation de combustible contribuent également à la réduction des émissions de $CO_2$ et d'autres polluants. Voir à la section 1.1, « Changements climatiques », à la page 1, une méthode pratique pour calculer la réduction des émissions résultant des économies de combustible.

### Renseignements supplémentaires

Le guide technique *Fours, séchoirs et fours de cuisson* (n° de catalogue M91-6-007F, offert par RNCan) donne une description plus détaillée des occasions à saisir pour économiser l'énergie. Voir la page vi du présent guide afin de connaître la façon de commander cet ouvrage.

## Fiche d'évaluation – Fours, sécheurs et fours de cuisson

### Excès d'air

Mesurer la teneur en oxygène des gaz de combustion et la comparer aux spécifications de l'équipement.

Oxygène : _____ p. 100; excès d'air : _____ p. 100

***Le niveau d'excès d'air convient-il à l'application?***

☐ Oui Vérifier périodiquement pour respecter les normes.

☐ Non Demander à un technicien compétent de vérifier si le brûleur peut être réglé pour fonctionner avec un niveau plus faible d'excès d'air.

Fait par : _____ Date : _____

### Condition de l'enceinte

Inspecter l'enceinte de la chaudière, du sécheur ou du four pour voir s'il manque de l'isolant, des portes ou des couvercles, ou s'ils sont endommagés.

***Des portes ou des couvercles ont-ils été endommagés ou enlevés?***

☐ Oui Réparer ou remplacer les portes et les couvercles manquants ou endommagés.

☐ Non Vérifier périodiquement pour respecter les normes.

Fait par : _____ Date : _____

***L'isolant est-il intact?***

☐ Oui Vérifier fréquemment pour respecter les normes.

☐ Non Réparer ou remplacer l'isolant manquant ou endommagé.

Fait par : _____ Date : _____

***L'isolation est-elle adéquate (l'extérieur du four est-il frais au toucher)?***

☐ Oui Vérifier périodiquement pour respecter les normes.

☐ Non Ajouter de l'isolant (consulter le guide technique *Isolation thermique des équipements*, nº de catalogue M91-6-001F pour obtenir de l'information sur l'installation d'une épaisseur d'isolant rentable).

Fait par : _____ Date : _____

## Commandes

Examiner les options des commandes du brûleur, comme les capteurs de la teneur en oxygène des gaz de combustion, les compteurs de l'alimentation en combustible et les compteurs du débit d'air.

***Votre équipement offre-t-il ces options?***

☐ Oui Ajuster les commandes si l'excès d'air est trop élevé.

☐ Non Envisager la possibilité de moderniser les commandes du brûleur pour inclure une commande de compensation de l'oxygène et des compteurs et commandes individuels du débit de combustible et d'air.

Fait par : _____ Date : _____

## Récupération de la chaleur des gaz de combustion

Mesurer la température des gaz de combustion pendant l'exploitation normale du four.

Température : _____°C

Vérifier s'il y a des économiseurs ou des réchauffeurs d'air.

***Le matériel est-il équipé d'appareils de récupération de la chaleur?***

☐ Oui Au prochain arrêt d'exploitation, évaluer :
- s'il y a corrosion ou endommagement des ailettes et des tubulures;
- la quantité de suie accumulée.

S'assurer que l'unité fonctionne et n'est pas contournée.

Calculer la quantité de chaleur récupérée et comparer le rendement aux spécifications du fabricant.

☐ Non Communiquer avec des fournisseurs pour évaluer la faisabilité d'installer de l'équipement afin de récupérer de la chaleur.

Fait par : _____ Date : _____

## Utilisation des gaz d'échappement dans les sécheurs

Vérifier la possibilité d'utiliser les gaz chauds produits par d'autres procédés.

***D'autres équipements produisent-ils des quantités suffisantes de gaz de combustion à des températures et à des débits qui conviennent?***

☐ Oui Consulter des spécialistes pour concevoir un système pour remplacer le combustible principal par des gaz d'échappement.

☐ Non Aucune mesure à prendre.

Fait par : _____ Date : _____

N.B. : Aux questions types figurant dans la fiche d'évaluation, vous pouvez ajouter celles qui sont propres à votre installation.

## 2.17 Récupération de la chaleur perdue

La question de la récupération de la chaleur perdue a été abordée tout au long du présent guide et des exemples précis ont été présentés dans différents chapitres. La récupération de la chaleur est une tâche complexe et d'importantes percées ont été réalisées dans le développement de technologies à cette fin au cours des dernières années. En ce qui a trait à l'efficacité énergétique, la récupération de cette chaleur est sans doute le sujet sur lequel on a écrit le plus souvent. En faisant des recherches approfondies sur le sujet, on peut trouver les meilleures solutions pour une situation donnée.

La récupération de la chaleur perdue (ou de la chaleur excédentaire) consiste à remplacer l'énergie achetée par la récupération et la réutilisation de l'énergie rejetée. Dans presque toutes les installations, il existe diverses possibilités de récupération de la chaleur des procédés et des systèmes. On peut ainsi réduire les coûts énergétiques et améliorer la rentabilité de toute usine.

L'énergie utilisable peut provenir de différentes sources :

- gaz de combustion chauds;
- eau chaude ou froide rejetée dans les égouts;
- air évacué;
- produits chauds ou froids ou rebuts;
- eau de refroidissement ou huile hydraulique;
- énergie géothermique;
- chaleur captée par des panneaux solaires;
- chaleur de surchauffe et chaleur rejetée par les condenseurs de l'équipement de réfrigération;
- autres sources.

La chaleur perdue est la chaleur qui est rejetée par un procédé à une température qui est plus élevée que la température ambiante de l'usine. Comme sa température est inférieure au niveau voulu, il faut la hausser, « l'améliorer », à l'aide de l'équipement qui convient.

Lorsqu'on envisage de lancer un projet de récupération de la chaleur perdue, on doit tenir compte des points suivants :

- la quantité de chaleur disponible par rapport à la demande de chaleur;
- le degré de facilité d'accès à la source de chaleur perdue;
- la distance entre la source et le lieu où il y a demande;
- la forme, la qualité et l'état de la chaleur perdue;
- les incidences éventuelles du projet de récupération de la chaleur sur la qualité du produit;
- le gradient de température et le niveau auquel il faut hausser la température;
- les questions réglementaires relatives au potentiel de contamination du produit, à la santé et à la sécurité;
- les résultats d'études de compatibilité et d'analyses économiques comparatives (à l'aide des méthodes de la période de récupération des sommes investies et de l'amortissement à intérêts composés) des options les plus intéressantes.

### Conseil

La chaleur récupérée devrait de préférence être réacheminée au procédé dont elle est issue, puisque de tels systèmes sont plus faciles à contrôler et moins coûteux à installer.

## Techniques de récupération de la chaleur

Les types les plus courants de techniques de récupération de la chaleur perdue sont les suivants :

- l'**utilisation directe** et les **échangeurs de chaleur** utilisent la chaleur telle quelle;
- les systèmes de **pompes à chaleur** et de **surcompression de la vapeur** permettent de hausser la température de telle sorte que la chaleur récupérée puisse effectuer un travail plus utile qu'elle ne pourrait accomplir à la température non modifiée;
- les **opérations à étapes multiples**, comme l'évaporation à effets multiples, la vaporisation éclair et une combinaison des techniques précitées.

### *Utilisation directe*

L'utilisation directe consiste à se servir du flux de chaleur perdue telle quelle à d'autres fins. À titre d'exemples, mentionnons l'utilisation des gaz de combustion d'une chaudière pour le séchage de même que l'utilisation de l'air chaud évacué de la salle des machines pour chauffer des locaux adjacents. Les techniques d'utilisation directe exigent de prendre certaines précautions et de prévoir des mesures de contrôle pour éviter toute conséquence néfaste associée au flux des produits résiduaires non traités, relativement entre autres à la contamination des produits, à la santé et la sécurité.

### *Échangeurs de chaleur*

Dans le cas des échangeurs de chaleur et des pompes à chaleur, les possibilités d'applications sont les plus vastes, quel que soit le type d'industrie. Les échangeurs de chaleur transfèrent la chaleur d'un état à un autre, sans contact direct entre ces deux états de la matière. Les échangeurs de chaleur appartiennent à l'une ou l'autre des catégories suivantes, selon l'utilisation :

- gaz-gaz (à plaques, roues à chaleur, à tubes concentriques, récupérateurs métalliques à rayonnement thermique, de type Z-box, à fonctionnement circulaire, caloducs, récupération de la chaleur des brûleurs de fours);
- gaz-liquide et liquide-gaz (tube à anneaux, à serpentins, chaudières de récupération de chaleur);
- liquide-liquide (à plaques, à serpentin, à calandre);
- à lit fluidisé (pour les milieux d'encrassement sévère, notamment dans les usines de pâtes et papier).

Une grande variété de modèles sont offerts pour répondre à divers besoins. Il faut prendre en considération les matériaux de surface pour prévenir la corrosion et l'encrassement. L'acier inoxydable, le nickel, les alliages spéciaux, le verre borosilicaté, les céramiques, le graphite, le polytétrafluoréthylène (PTFE), les émaux et le polyester conviennent à certaines applications.

D'importants travaux de développement se poursuivent pour améliorer les nouveaux **échangeurs de chaleur** compacts, et ceux-ci sont déjà accueillis avec enthousiasme. D'un volume deux fois inférieur à celui des modèles comparables d'échangeurs à calandre, ils sont plus polyvalents et permettent le transfert de plus grandes quantités d'énergie entre états (et même entre plusieurs états de la matière). Il est également possible de regrouper la fonction des échangeurs compacts avec les opérations d'autres unités, transformant ainsi radicalement la conception des procédés. En regroupant ainsi échangeurs compacts, réacteurs et séparateurs, d'autres applications visant une efficacité énergétique accrue ont vu le jour dans le domaine des piles à combustible, des pompes à chaleur à absorption, des turbines à gaz et des reformeurs. Les échangeurs compacts atteignent un coefficient de transfert de la chaleur élevé pour de petits volumes, habituellement sur de longues surfaces. Ils permettent de réguler plus étroitement les procédés que les autres options. Des techniques comme la rotation ont conduit au développement de pompes à chaleur, de séparateurs et de réacteurs compacts, favorisant également un traitement plus rapide, ce qui contribue à accroître davantage l'efficacité énergétique des procédés. Les ventes d'échangeurs compacts dans tous les secteurs de l'industrie de la transformation augmentent dix fois plus rapidement que l'ensemble des ventes sur le marché des échangeurs de chaleur. Selon les estimations fondées sur un taux réaliste d'adoption de cette technologie au cours des dix prochaines années, le potentiel d'économies d'énergie associé aux échangeurs compacts s'élèverait à 130 millions de dollars US par année en Europe seulement.

*Pompes à chaleur*

Les pompes à chaleur accroissent l'utilité de l'énergie perdue en augmentant sa température (un système de refroidissement mécanique ajoute de l'énergie au flux de chaleur récupérée). Une thermopompe est surtout avantageuse lorsqu'elle permet d'augmenter de façon rentable la chaleur d'un flux de rejets de température peu élevée. Selon une enquête menée en 1999 auprès de l'industrie, les pompes à chaleur sont au nombre des principales catégories d'équipement éconergétique les moins bien comprises. Voilà sans doute l'une des raisons pour lesquelles ce type d'appareil utile de récupération de la chaleur perdue (et de dissipation thermique!) n'est pas aussi répandu qu'il le devrait. Il est vrai que les systèmes de pompes à chaleur sont complexes et coûtent cher, de sorte qu'il y a lieu de réaliser une étude détaillée de faisabilité technique et économique; l'installation de pompes à chaleur peut toutefois vraiment en valoir la peine.

L'utilisation de pompes à chaleur s'ajoute souvent à d'autres moyens d'économiser l'énergie pour améliorer encore d'avantage l'efficacité énergétique globale d'une entreprise.

*Recompression de la vapeur*

Les systèmes de recompression de la vapeur améliorent le contenu calorifique de vapeurs de température peu élevée par l'une ou l'autre des méthodes suivantes :

- **recompression mécanique de la vapeur** – des compresseurs centrifuges ou volumétriques servent à augmenter la pression (et ainsi la température) du flux de vapeur;
- **recompression thermique de la vapeur** – la température du flux de vapeur est augmentée par l'injection de vapeurs plus chaudes.

*Opérations à étapes multiples*

Les opérations à étapes multiples permettent d'obtenir une plus grande efficacité énergétique par l'application de l'effet de cascade énergétique dans les procédés qui impliquent le chauffage ou le refroidissement. C'est le cas notamment dans les industries de la fabrication du sucre et de la distillation ainsi que les industries pétrochimique et alimentaire. Pour l'évaporation, la consommation d'énergie peut être réduite des deux tiers lorsque l'évaporation à effet simple est remplacée par l'application de la technologie à effet triple.

*Pompe à chaleur à absorption*

La plus récente technique de récupération de la chaleur, la pompe à chaleur à absorption, a été mise en application à ce jour surtout au Japon et en Europe. L'écart grandissant entre les prix de l'électricité et des combustibles contribuera à une utilisation de plus en plus répandue de cette technologie en Amérique du Nord. Celle-ci a d'abord été utilisée dans les industries brassicole, du caoutchouc, des boissons alcoolisées, des abattoirs et de la transformation des viandes et la production d'éthylèneamine; d'autres applications possibles sont tout à fait indiquées pour les industries alimentaire, chimique ainsi que des pâtes et papiers. L'application dans d'autres industries fait l'objet d'évaluations.

Pour son fonctionnement, la pompe à chaleur à absorption n'utilise que l'énergie de la chaleur résiduelle, c.-à-d. qu'elle ne consomme pas d'énergie primaire, sauf pour une petite quantité d'électricité pour faire fonctionner les pompes. Le fluide de transfert utilisé est invariablement une solution contenant 60 p. 100 de bromure de lithium. Le coefficient de performance (COP) des pompes à absorption est véritablement étonnant, d'environ 0,45 à 0,48, et il est pratiquement insensible aux conditions de température.

Ce COP indique qu'environ la moitié de la chaleur du flux de rejets peut être augmentée à un niveau de température utilisable. Ainsi, les pompes à chaleur à absorption conviennent tout à fait aux applications où :

- la quantité de chaleur résiduelle excède considérablement la demande de chaleur à une température plus élevée par un facteur d'au moins deux;
- la température de la source de chaleur est de 60 à 130 °C, la chaleur à la sortie étant d'environ 20 à 50 °C plus élevée. La température peut être augmentée jusqu'à environ 15 p. 100 du gradient de température. La température maximale produite souhaitable est d'environ 150 °C (en raison des problèmes de corrosion);
- idéalement, il existe des quantités abondantes de chaleur, de préférence sous forme de chaleur latente – de l'ordre du mégawatt.

La pompe à chaleur à absorption donne un excellent rendement, même sous charge partielle. Elle se compare avantageusement à une chaudière et principalement, à la recompression mécanique de la vapeur. En prenant dûment en considération la quantité de chaleur disponible dans l'installation, le système de pompe à absorption est plus économique que la recompression lorsque

- le rapport de coûts électricité-combustible est égal ou supérieur à trois;
- la température de la source de chaleur est d'environ 100 °C, et que la chaleur à la sortie est approximativement de 40 à 50 °C plus élevée;
- la température extérieure a moins d'influence sur les procédés.

Des périodes de récupération simple des sommes investies d'un à quatre ans ont été obtenues.

L'incidence positive de cette technologie sur l'environnement est également un autre facteur important à considérer, et qui pourrait se traduire par un plus grand potentiel d'application. Comme ces pompes n'utilisent pas d'autres sources d'énergie que la chaleur résiduelle, les installations industrielles peuvent ainsi réduire substantiellement leurs émissions.

## Possibilités de gestion de l'énergie

*Gestion interne*

- Cerner les sources de perte de chaleur.
- Éliminer dans la mesure du possible les sources de chaleur résiduelle.
- Réduire la température des flux de chaleur résiduelle restants.
- Améliorer les activités d'inspection et de maintenance de l'équipement pour réduire le plus possible la production de chaleur résiduelle.

*Faible coût*

- Capter la chaleur résiduelle de flux de rejets propres qui sont normalement rejetés dans l'atmosphère ou les égouts, en canalisant ces rejets vers le point d'utilisation.
- Utiliser les eaux usées de procédé comme source d'énergie d'une pompe à chaleur.
- Utiliser la chaleur des effluents de l'usine traités dans les installations de traitement des eaux résiduaires (le cas échéant) comme source d'énergie d'une pompe à chaleur.
- Réutiliser à des fins de séchage l'air chaud évacué.
- Installer des commandes automatiques améliorées.
- Envisager la réutilisation de la chaleur des huiles hydrauliques de refroidissement circulant, entre autres, dans les machines à mouler et les moules à injection, pour réduire par la même occasion la charge électrique du procédé de fabrication.

*Rénovation*

- Installer de l'équipement de récupération de la chaleur résiduelle (notamment remplacer une tour de refroidissement à boucle de circulation par un échangeur de chaleur à calandre).
- Envisager de moderniser ou de remplacer l'ancien équipement de récupération de la chaleur résiduelle.
- Considérer la récupération de la chaleur des gaz de combustion pour alimenter une pompe à chaleur et la neutralisation des effluents alcalins par les gaz de combustion.
- Envisager la mise en place de pompes à chaleur à absorption.
- Considérer l'installation d'un échangeur de chaleur compact et son intégration à d'autres procédés.
- Envisager, si l'entreprise est dotée d'un important centre informatique, la possibilité de capter la chaleur grâce, p. ex., au stockage thermique ou à un turboréfrigérateur *double-bundle* pour récupérer la chaleur dégagée par le refroidissement.
- Considérer la conversion de la chaleur des gaz de combustion à température élevée (p. ex., des fours des usines métallurgiques) en vapeur surchauffée pour alimenter des turbines à vapeur.

## Facteurs environnementaux

La chaleur récupérée et réutilisée permet de réduire les achats d'énergie pour produire de la chaleur. Par exemple, en remplaçant la vapeur produite par une chaudière, la chaleur récupérée contribue à la réduction des émissions de cette chaudière puisque celle-ci consomme moins de combustible. Par ailleurs, les avantages environnementaux de l'utilisation de pompes à chaleur à absorption ont été décrits précédemment. Voir à la section 1.1, « Changements climatiques », à la page 1, pour obtenir de plus amples informations relatives au calcul de la réduction des émissions résultant des améliorations de l'efficacité énergétique.

## Renseignements supplémentaires

Le guide technique complet intitulé *Récupération de la chaleur perdue* (n° de catalogue M91-6-020F, offert par RNCan), est un ouvrage de référence utile et détaillé qui permet d'approfondir ce sujet. Voir la page vi du présent guide afin de connaître la façon de commander cet ouvrage.

## Fiche d'évaluation – Récupération de la chaleur perdue

### Gaz d'échappement des chaudières

Utiliser la fiche d'évaluation de la section 2.5, « Appareillage de chaufferie », à la page 86.

### Systèmes CVC

Utiliser la fiche d'évaluation de la section 2.8, « Systèmes de chauffage, de ventilation et de conditionnement d'air », à la page 105.

### Systèmes de refroidissement et pompes à chaleur

Utiliser la fiche d'évaluation de la section 2.9, « Systèmes de refroidissement et de pompes à chaleur », à la page 118.

### Fours, sécheurs et fours de cuisson

Utiliser la fiche d'évaluation de la section 2.16, « Fours, sécheurs et fours de cuisson », à la page 176.

### Air évacué

Vérifier la température et le débit de l'air évacué par le ventilateur de tirage.

***L'air peut-il être acheminé directement par des conduits vers un autre endroit pour chauffer des locaux?***

☐ Oui — Installer dès que possible des conduits et un ventilateur pour acheminer l'air vers les locaux à chauffer.

☐ Non — Envisager de préchauffer l'air d'appoint ou de récupérer la chaleur à l'aide d'un échangeur de chaleur air-air.

Fait par : _____ Date : _____

### Eaux usées

Faites l'inventaire de tous les flux d'eaux usées de procédé qui sont rejetées.

***La température des eaux usées rejetées est-elle supérieure à 38 °C?***

☐ Oui — Considérer l'installation d'un échangeur de chaleur afin de récupérer la chaleur pour son utilisation par les procédés ou pour le chauffage des locaux.

☐ Non — Si le débit des eaux usées est important, une pompe à chaleur classique ou à absorption peut représenter une solution appropriée (consulter un ingénieur).

Fait par : _____ Date : _____

## Eau de refroidissement

Faites le relevé des procédés de l'usine, en notant ceux qui requièrent de l'eau de refroidissement.

***L'eau de refroidissement est-elle envoyée dans les égouts?***

☐ Oui — Envisager la possibilité d'utiliser directement l'eau chaude dans un autre procédé. Considérer l'utilisation d'un échangeur de chaleur afin de récupérer la chaleur pour un autre procédé.

☐ Non — Si l'eau de refroidissement est acheminée à une tour de refroidissement, envisager de remplacer cette dernière par un échangeur de chaleur, afin de récupérer la chaleur de l'eau pour d'autres procédés.

Fait par : _____ Date : _____

## Rejets de vapeur d'eau

Faites le relevé des procédés de l'usine qui émettent de grandes quantités de vapeur d'eau (p. ex., les évaporateurs et les cuves chauffées par injection directe de vapeur).

***L'équipement émet-il de grandes quantités de vapeur d'eau?***

☐ Oui — Envisager d'utiliser la recompression mécanique ou thermique de la vapeur pour transformer les rejets de vapeur en une source plus utile d'énergie.

☐ Non — Aucune mesure à prendre.

Fait par : _____ Date : _____

N.B. : Aux questions types figurant dans la fiche d'évaluation, vous pouvez ajouter celles qui sont propres à votre installation.

## 2.18 Production combinée électricité-chaleur (PCEC ou « cogénération »)

Comparativement aux unités de production distinctes, les unités de production simultanée de chaleur et d'électricité permettent d'obtenir une plus grande efficacité énergétique, soit des économies de combustible de 35 p. 100, et une efficacité globale de 85 p. 100 ou plus. Les systèmes de production combinée électricité-chaleur (PCEC) utilisent une seule unité pour produire de l'électricité et de la chaleur ou fournissent parfois la puissance à l'arbre pour entraîner d'autre matériel. Les systèmes de PCEC peuvent également s'avérer économiques lorsqu'il existe un besoin de chaleur à une température appropriée, ainsi qu'une demande de puissance électrique. L'efficacité énergétique des systèmes de PCEC et leurs avantages écologiques, sous forme de réduction des émissions de $CO_2$ et de $NO_x$, expliquent pourquoi cette technologie en plein essor suscite un intérêt accru. Le texte qui suit décrit la technologie en question et certaines PGE connexes. Voir une comparaison de petits systèmes de PCEC au tableau 2.5 à la page 193.

Les centrales de PCEC de première génération existent depuis des décennies (p. ex., au Danemark, elles ont répondu à 48 p. 100 de la demande d'électricité et à 38 p. 100 de la demande de chaleur en 1996). Toutefois, grâce à la restructuration des marchés de l'énergie dans quelques provinces du Canada, l'industrie peut envisager plus facilement des installations de PCEC avec l'option de vendre l'électricité excédentaire au réseau de distribution. En ce qui concerne les autres provinces, cette déréglementation est en cours ou à l'étude.

Une unité de PCEC se compose habituellement d'un moteur principal – pour la production d'électricité – et d'un générateur de vapeur pour la récupération thermique.

Avant de prendre une décision quant à l'éventuelle réalisation d'un projet de PCEC, il faut bien connaître les facteurs suivants :

- les courbes de charge électrique et thermique de l'installation, en tenant compte des variations saisonnières;
- le rapport des prix de l'électricité et du combustible;
- les possibilités d'économies d'énergie et d'amélioration de l'efficacité énergétique;
- les perspectives de demande d'énergie de l'installation;
- les coûts d'investissement qui entrent en jeu, et les programmes d'encouragement ou de soutien financier existants.

Ces renseignements vous permettront de sélectionner le type de moteur principal pour le système ainsi que la capacité qui convient. On obtient une efficacité énergétique optimale lorsqu'une unité fonctionne à sa pleine charge. Il faudrait donc éviter de mettre en place une unité surdimensionnée susceptible de fonctionner à charge partielle ou d'être arrêtée de façon prolongée.

### Conseil

Si vous n'êtes pas certain du niveau de la demande, sélectionnez une petite unité – probablement d'une capacité de 50 p. 100 de la demande thermique maximale. Toute demande thermique supplémentaire serait desservie au moyen de chaudières ordinaires. Ainsi, vous garantirez que l'unité de PCEC est utilisée à des taux élevés.

### Conseil

Pour une efficacité énergétique maximale, envisagez la mise en place de plusieurs unités de PCEC – ou l'ajout de dispositifs de stockage thermique – afin de garantir un niveau d'utilisation élevé, et d'assurer la flexibilité du système pour qu'il puisse maintenir des conditions de pleine charge.

## Technologie

Les systèmes de PCEC évoluent rapidement et les fabricants offrent des unités qui sont dotées d'une vaste gamme de puissances de sortie, à partir de 1 kW jusqu'à quelques dizaines de mégawatts. Une grande partie des efforts est consacrée à la mise au point de technologies de PCEC à petite échelle. Ces technologies reposent principalement sur le cycle de la turbine à vapeur (cycle de Rankin), le cycle du moteur alternatif ou le cycle de la turbine à gaz.

Les turbines à gaz et à vapeur conviennent davantage aux industries qui affichent une demande forte et constante de vapeur à haute pression, notamment l'industrie du bois et du papier ainsi que l'industrie pétrochimique. Les moteurs à gaz servent surtout pour les installations de 3 MW ou moins dans les industries qui fait appel à la vapeur à basse pression ou à l'eau chaude, comme l'industrie alimentaire. Les turbines à vapeur sont utilisées dans les endroits où il existe un surplus de vapeur par rapport à la demande.

**TABLEAU 2.5**
**Comparaison de petits systèmes de PCEC**

| | | Efficacité (en %) | | |
|---|---|---|---|---|
| **Technologie** | **$NO_x$ (ppm)** | **Chaleur** | **Électricité** | **Total** |
| Turbine à gaz naturel – 1 MW | <20 | 60-65 | 20-25 | 85-90 |
| Moteur alternatif à gaz naturel – 1 MW | 108 | 50 | 35-40 | 85-90 |
| Turbine à gaz neuve à cycles combinés, de taille utilitaire (aucune transmission ni distribution) | s/o | s/o | 55 | 55 |
| Réseau électrique actuel (incluant transmission et distribution) | s/o | s/o | 30 | 30 |
| Chaudière industrielle neuve à gaz | 24 | 85 | s/o | 85 |
| Chaudière industrielle moyenne installée | 120 | 65 | s/o | 65 |
| Turbine à vapeur à contre-pression | s/o | 65 | 7-20 | 75-85 |
| Piles à combustible | 0,05 | – | 50 | – |

## Conseil

Augmentez les revenus de votre production d'électricité et par conséquent, le rendement de votre centrale, grâce à l'ajout d'une capacité de stockage thermique (habituellement l'équivalent de dix heures durant la journée) au système de PCEC. Le stockage thermique améliore la production d'électricité lorsque les prix sont élevés ou durant les périodes de pointe en stockant la chaleur en prévision d'une demande future.

La source d'énergie principale est le gaz naturel, bien que certaines configurations d'installation permettent l'utilisation de déchets, de la biomasse, de biogaz, de carburant diesel, d'essence, de charbon ou de pétrole. Le ratio de production électricité/chaleur s'améliore de plus en plus; alors que cette valeur se chiffrait auparavant à 0,5, elle varie actuellement de 0,6 à 0,7 et continue d'augmenter vers 1, en vue d'une efficacité totale de 80 p. 100. La période de récupération simple des installations de PCEC peut varier de 1 an et demi à 10 ans, pour une moyenne de 4 ans et demi.

Grâce aux améliorations apportées à la surveillance et aux commandes automatisées, la plupart des systèmes de PCEC fonctionnent en l'absence de personnel permanent dans la centrale; une seule personne peut surveiller plusieurs unités.

Le plus grand potentiel des systèmes de PCEC réside dans le remplacement avantageux de milliers d'anciens modèles de petites chaudières, réparties partout au Canada, par des unités qui produisent plus efficacement à la fois de l'électricité et de la chaleur. De plus, les entreprises dont les besoins en électricité se situent entre 300 kW et 1 MW, et qui doivent remplacer leurs refroidisseurs désuets, constituent un secteur à forte croissance. D'après les estimations du marché aux États-Unis, la vente des systèmes de PCEC se chiffrera à plusieurs milliards de dollars d'ici 2010.

On constate de nouvelles percées dans les domaines des microturbines à gaz (sortie de 500 kW et moins) et des piles à combustible. Grâce à leur taille compacte, il est possible d'éliminer les pertes inhérentes à la transmission et à la distribution en plaçant la source d'électricité et de chaleur près du point d'utilisation.

Les investissements actuels liés aux microturbines dépassent de loin ceux des systèmes dont les moteurs primaires sont des moteurs alternatifs. Ce coût initial élevé est toutefois contrebalancé par le fait qu'elles ne nécessitent presque aucune maintenance. En outre, leur efficacité globale est d'autant plus élevée que les pertes mécaniques sont éliminées en plaçant la turbine, le compresseur et l'aimant permanent sur un seul arbre.

L'efficacité des piles à combustible, qui convertissent l'énergie chimique directement en électricité, est indépendante de leur taille. Presque non polluantes et silencieuses, elles exigent peu en matière de maintenance. Les installations industrielles comprennent des piles à acide phosphorique de 200 kW; on a récemment introduit une unité d'alimentation de 250 kW à membrane échangeuse de protons. Bien que le rendement thermique soit relativement faible (80 °C), on prévoit des niveaux pouvant atteindre 150 °C à l'avenir, susceptibles de faciliter la production de vapeur.

## Possibilités de gestion de l'énergie

*Gestion interne*

- Assurer une inspection régulière et un entretien préventif.

*Faible coût*

- Analyser la demande d'électricité et de chaleur actuelle et prévue; évaluer les incidences économiques de l'installation éventuelle d'une unité de PCEC.
- Ajouter un économiseur pour le préchauffage de l'eau d'alimentation afin d'améliorer l'efficacité globale.

*Rénovation*

- Installer une unité de PCEC.
- Moderniser l'installation de PCEC pour qu'elle fonctionne à cycle combiné, ce qui permet p. ex. l'expansion de vapeur dans une turbine à vapeur pour produire de l'électricité supplémentaire.
- Si vous produisez de l'électricité, ajouter au système de PCEC un dispositif de stockage thermique durant la journée (diurne) afin d'améliorer la production d'électricité et sa rentabilité durant les périodes de tarifs élevés et les périodes de demande de pointe, en prévision de son utilisation pour une demande subséquente.
- Envisager d'autres utilisations de la PCEC, notamment l'emploi de l'arbre de l'unité en tant qu'entraînement d'autre équipement à la place d'un générateur de vapeur (p. ex., compresseur de réfrigération, de CVC ou d'air).
- Envisager d'utiliser la chaleur récupérée au moyen d'un refroidisseur à absorption aux fins de refroidissement au lieu de s'en servir pour réchauffer l'eau, ou encore réchauffer l'air servant à des procédés de séchage ou au chauffage des locaux.
- Envisager l'intégration d'une pompe à chaleur au système de PCEC pour utiliser une source de chaleur à basse température, en vue d'obtenir un système à haut rendement énergétique.

### Facteurs environnementaux

De toute évidence, la PCEC constitue une importante amélioration sur le plan environnemental par rapport aux technologies actuelles de production d'électricité, de chauffage et de refroidissement. Les études ont démontré que les centrales de PCEC contribuent à une importante réduction de la production globale de $CO_2$. De plus, dans la plupart des cas, on peut obtenir une réduction des niveaux d'émissions de $NO_x$ au moyen de certaines techniques de contrôle (p. ex., la combustion à mélange pauvre ou des techniques de réduction catalytique au moyen d'urée ou d'ammoniac). Voir la section 1.1, « Changements climatiques », à la page 1, pour plus d'information sur le calcul des réductions d'émissions découlant d'améliorations de l'efficacité énergétique.

## Conseil

On peut installer un expanseur de vapeur, propulsé par la vapeur à haute pression à partir de la chaudière récupératrice d'un système de PCEC afin de produire de l'air comprimé pour l'installation. La vapeur à basse pression en provenance d'un expanseur peut également servir à d'autres procédés.

L'utilisation d'enceintes acoustiques peut réduire les niveaux de bruit généré par les turbines ou les moteurs, d'environ 100 dB(A) jusqu'à bien au-dessous de la limite légale de 85 dB(A).

### Renseignements supplémentaires

On peut obtenir de plus amples informations sur le site Web de l'Office de l'efficacité énergétique de RNCan à l'adresse http ://www.oee.rncan.gc.ca; d'autres ressources Internet peuvent également s'avérer utiles.

## 2.19 Autres approches pour améliorer l'efficacité énergétique

L'innovation, l'imagination et la créativité – tels sont les ingrédients essentiels, quoique difficiles à définir, de la recherche d'améliorations de l'efficacité énergétique. Avec un peu d'imagination, on peut appliquer, de façon créative et novatrice, une solution connue dans un domaine donné à un autre domaine. Le monde abonde d'exemples de réussite en matière d'économies d'énergie, mais ces exemples sont en général mal connus. Les quelques points suivants visent à stimuler la réflexion et à aiguiser l'appétit pour en apprendre davantage.

### Énergie renouvelable

Envisager d'utiliser :

- une microcentrale hydroélectrique (dans les régions nordiques ou éloignées du Canada), un petit barrage sur un ruisseau en vue de huit à dix heures de production à pleine charge, ou une turbine Pelton avec un alternateur et un régulateur de tension et de fréquence, peut s'avérer une solution de rechange plus économique qu'un groupe électrogène diesel;
- la chaleur solaire de l'entretoit de l'usine pour chauffer – au moyen d'un système de ventilation – une aire d'entreposage souterraine;
- l'énergie éolienne comme complément à l'électricité provenant du réseau et comme moyen de promouvoir l'utilisation de l'énergie « verte », comme le fait un important fabricant de tapis du Canada.

### PGE des usines de traitement des eaux usées

Envisager :

- de récupérer la chaleur latente des effluents de l'usine ou de la liqueur mixte d'une usine de traitement des eaux usées (UTEU), surtout dans le cas où la température atteinte dans les processus anaérobie est plus élevée;
- d'utiliser le biogaz produit par les processus anaérobie de l'UTEU pour contribuer à combler les besoins énergétiques de l'usine;
- de réexaminer les niveaux d'oxygène dissous et la méthode d'aération des processus aérobie (remplacer le matériel d'aération inefficace par du matériel de dispersion à fines bulles et voir si le flux de rejets d'oxygène, le cas échéant, peut être utilisé);
- d'installer un système de commande d'optimisation de l'aération pour réduire les coûts énergétiques du ventilateur de soufflage.

### Divers (le cas échéant)

- Mettre en place un processus de microfiltration, ce qui peut contribuer à récupérer d'importants volumes de liquides (et la chaleur qu'ils contiennent) en vue de les réutiliser au lieu de s'en débarrasser.
- Utiliser la chaleur des gaz d'échappement d'une unité de PCEC pour chauffer une serre (qui pourrait générer des revenus d'appoint), et les rejets de $CO_2$ pour stimuler la croissance des plantes.

- Augmenter le nombre d'étapes (effets) d'un processus d'évaporation, un moyen parfois économique d'améliorer l'efficacité énergétique.
- Installer des tubes d'immersion compacts pour chauffer les pasteurisateurs, les blanchisseuses, les bains de trempage, les blancheurs, les laveuses à bouteille, etc. pour remplacer le chauffage indirect inefficace.
- Remplacer un système de transporteurs pneumatiques par un transporteur mécanique.

Pour obtenir des renseignements à ce sujet et sur de nombreuses autres idées permettant d'économiser de l'énergie, consulter le site Web à l'adresse http://oee.rncan.gc.ca ainsi que les ressources mentionnées ailleurs dans le présent guide et d'autres sources sur Internet.

# annexe a

## Potentiel de réchauffement planétaire des gaz à effet de serre

| Gaz à effet de serre | Formule chimique | Potentiel de réchauffement planétaire* |
|---|---|---|
| Chloroforme | $CHCl_3$ | 4 |
| Chlorure de méthylène | $CH_2Cl_2$ | 9 |
| Dioxyde de carbone | $CO_2$ | 1 |
| Hexafluorure de soufre | $SF_6$ | 23 900 |
| HFC-23 | $CHF_3$ | 11 700 |
| HFC-32 | $CH_2F_2$ | 650 |
| HFC-41 | $CH_3F$ | 150 |
| HFC-43-10mee | $C_5H_2F_{10}$ | 1 300 |
| HFC-125 | $C_2HF_5$ | 2 800 |
| HFC-134 | $C_2H_2F_4$ | 1 000 |
| HFC-134a | $CH_2FCF_3$ | 1 300 |
| HFC-152a | $C_2H_4F_2$ | 140 |
| HFC-143 | $C_2H_3F_3$ | 300 |
| HFC-143a | $C_2H_3F_3$ | 3 800 |
| HFC-227ea | $C_3HF_7$ | 2 900 |
| HFC-236fa | $C_3H_2F_6$ | 6 300 |
| HFC-245ca | $C_3H_3F_5$ | 560 |
| Méthane | $CH_4$ | 21 |
| Oxyde nitreux | $N_2O$ | 310 |
| Perfluorobutane | $C_4F_{10}$ | 7 000 |
| Perfluorocyclobutane | $c\text{-}C_4F_8$ | 8 700 |
| Perfluoroéthane | $C_2F_6$ | 9 200 |
| Perfluorohexane | $C_6F_{14}$ | 7 400 |
| Perfluorométhane | $CF_4$ | 6 500 |
| Perfluoropentane | $C_5F_{12}$ | 7 500 |
| Perfluoropropane | $C_3F_8$ | 7 000 |
| Trifluoroiodomethane | $CF_3I$ | <1 |

* Horizon prévisionnel de 100 ans.

Source : Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, Climate Change 1995 : *The Science of Climate Change* (Cambridge [R.-U.], Cambridge University Press, 1996), tableau 2-9, « Radiative Forcing of Climate Change », p. 120.

Le $CO_2$ représentait 76 p. 100 des 682 Mt d'émissions totales du Canada en 1997. Puisque ce gaz est surtout le produit de la combustion de combustibles, que ce soit à des fins industrielles et domestiques ou pour les transports et la production d'énergie, les mesures d'efficacité énergétique prises pour réduire la consommation de combustibles contribuent grandement à réduire les émissions de $CO_2$.

# annexe b

## Unités d'énergie et facteurs de conversion

### Unités de base du SI

| | |
|---|---|
| Longueur | mètre (m) |
| Masse | gramme (g) |
| Temps | seconde (s) |
| Température | Kelvin (K) |

### Unités de température courantes

degré Celsius (°C), degré Fahrenheit (°F)

0 °C = 273,15 K = 32 °F  1 °F = 5/9 °C  1 °C = 1 K

Température en degrés Fahrenheit = 1,8 (température en degrés Celsius) + 32

N.B. : L'utilisation du terme « centigrade » au lieu de « Celsius » est incorrecte. Elle a été abandonnée en 1948, afin d'éviter la confusion avec la minute centésimale utilisée en topographie.

### Multiples

| | |
|---|---|
| $10^1$ | déca (da) |
| $10^2$ | hecto (h) |
| $10^3$ | kilo (k) |
| $10^6$ | méga (M) |
| $10^9$ | giga (G) |
| $10^{12}$ | téra (T) |
| $10^{15}$ | peta (P) |

### Fractions

| | |
|---|---|
| $10^{-1}$ | déci (d) |
| $10^{-2}$ | centi (c) |
| $10^{-3}$ | milli (m) |
| $10^{-6}$ | micro (μ) |
| $10^{-9}$ | nano (n) |

### Unités SI dérivées

| | | |
|---|---|---|
| Volume : | hectolitre (hL) | (100 L) |
| | mètre cube ($m^3$) | (1 000 L) |
| Masse : | kilogramme (kg) | (1 000 g) |
| | tonne (t) | (1 000 kg) |
| Chaleur : | Quantité de chaleur, de travail, d'énergie | joule (J) |
| | Flux thermique, puissance | watt (W) |
| | Flux thermique | $W/m^2$ |
| | Coefficient K | $W/m^2K$ |
| | Conductivité thermique | W/mK |
| Pression : | Pascal (Pa) | |

## Facteurs de conversion

| | Multiplier : | par | pour obtenir : |
|---|---|---|---|
| **Longueur** | mètre | 3,2808399 | pied |
| | mètre | 39,370079 | pouce |
| **Masse** | kg | 2,2046226 | livre |
| | tonne (t) | 0,9842206 | tonne (longue) |
| | tonne (t) | 1,10233113 | tonne (courte) |
| **Volume** | L | 0,219975 | gallon (impérial) |
| | L | 0,035315 | pied cube |
| **Énergie** | | | |
| Quantité de chaleur | kWh | 3,6 | MJ |
| | kWh | 3 412 | Btu |
| | MJ | 947,8 | Btu |
| | Btu | 0,001055 | MJ |
| Émission ou gain de chaleur | $W/m^2$ | 0,317 | $Btu/pi^2$ |
| Chaleur massique | kJ/kgK | 0,2388 | Btu/lb °F |
| Flux thermique | W | 3,412 | Btu/h |
| Coefficient K, coefficient de transfert de chaleur | $W/m^2K$ | 0,1761 | $Btu/pi^2$ h °F |
| Conductivité | W/m K | 6,933 | Btu po/$pi^2$ h °F |
| Pouvoir calorifique (fondé sur la masse) | kJ/kg | 0,4299 | Btu/lb |
| Pouvoir calorifique (fondé sur le volume) | $MJ/m^3$ | 26,84 | $Btu/pi^3$ |
| Pression | bar | 14,50 | lbf/$po^2$ (psi) |
| | bar | 100 | kPa |
| | bar | 0,9869 | atmosphère type |
| | mm Hg (mercure) | 133,332 | Pa |
| | pi d'eau | 2,98898 | kPa |
| Volume massique | $m^3/kg$ | 16,02 | $pi^3/lb$ |
| Vélocité | m/s | 3,281 | pi/s |

## Valeurs utiles

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 1 therm | = | 100 000 Btu | ou | 29,31 kWh |
| 1 $pi^3$ de gaz naturel | = | 1 000 Btu | ou | 0,2931 kWh |
| 1 $m^3$ de gaz naturel | = | 35 310 Btu | ou | 10,35 kWh |
| 1 gallon U.S. mazout n° 2 | = | 140 000 Btu | ou | 41,03 kWh |
| 1 gallon impérial mazout n° 2 | = | 168 130 Btu | ou | 49,27 kWh |
| 1 gallon U.S. mazout n° 4 | = | 144 000 Btu | ou | 42,20 kWh |
| 1 gallon impérial mazout n° 4 | = | 172 930 Btu | ou | 50,68 kWh |
| 1 gallon U.S. mazout n° 6 | = | 152 000 Btu | ou | 44,55 kWh |
| 1 gallon impérial mazout n° 6 | = | 182 540 Btu | ou | 53,50 kWh |
| 1 horsepower (HP) de puissance évaporatrice | = | 33 480 Btu/h | ou | 9,812 kW |
| 1 HP de puissance mécanique | = | 2 545 Btu/h | ou | 0,7459 kW |
| 1 tonne de réfrigération | = | 12 000 Btu | ou | 3,5172 kWh |

Au Canada, la valeur de 1 Btu (60,5 °F) [= 1,054615 kJ] a été adoptée par l'industrie gazière et pétrolière. L'ISO reconnaît la valeur de 1,0545 kJ.

# annexe c

## Ouvrages techniques publiés à l'intention du secteur industriel par le Centre canadien de la technologie des minéraux et de l'énergie (CANMET)

Veuillez remplir le formulaire ci-dessous en inscrivant l'information requise, en faire une copie, puis la télécopier au numéro inscrit.

### CANMET

Centre canadien de la technologie des minéraux et de l'énergie
Direction de la technologie de l'énergie
Ressources naturelles Canada
580, rue Booth, 13e étage
Ottawa (Ontario) K1A 0E4
Téléphone : (613) 996-6220
Télécopieur : (613) 996-9416

### Bon de commande de publications destinées à l'industrie

Nom : _____

Organisme : _____

Adresse : _____

_____

_____

Code postal : _____ Tél. : _____

Télécopieur : _____ Courriel : _____

N° de publication : _____; quantité : _____
N° de publication : _____; quantité : _____
N° de publication : _____; quantité : _____
N° de publication : _____; quantité : _____
N° de publication : _____; quantité : _____

N° de publication : _____; quantité : _____
N° de publication : _____; quantité : _____
N° de publication : _____; quantité : _____
N° de publication : _____; quantité : _____
N° de publication : _____; quantité : _____

## Publications destinées à l'industrie

1. *Low $NO_x$ Demonstration Project* – 1991
2. *Processes, Equipment and Techniques for the Energy Efficient Recycling of Aluminum* – 1993
3. *Research and Development Opportunities for Improvement in Energy Efficiency in the Canadian Pulp and Paper Sector to the Year 2010* – 1993
4. *Present and Energy Efficiency Future Use of Energy in the Cement and Concrete Industries in Canada* – 1993
5. *Present and Future Use of Energy in the Canadian Steel Industry* – 1993
6. *Energy Efficiency and Environmental Impact for the Canadian Meat Industry* – 1993
7. *Energy Efficiency R&D Opportunities in the Mining and Metallurgy Sector, Phase 1 – Scoping Study* – 1993
8. *Energy Efficiency R&D Opportunities in the Food and Beverage Sector, Phase 1 – Scoping Study* – 1993
9. *Energy Efficiency R&D Opportunities in the Oil and Gas Sector, Phase 1 – Scoping Study* – 1993
10. *Technical Specifications for an Energy Management System* – 1993
11. *Technical and Market Study of a High Temperature Heat Pump Applied to Paper Machine Dryer Heat Recovery* – 1993
12. *Chemical Pulp Bleaching: Energy Impact of New and Emerging Technologies* – 1994
13. *Toward Energy Efficient Refrigeration – Industrial Research and Development Opportunities to the Year 2010* – 1994
14. *Energy Efficiency for the Canadian Seafood Processing and Aquaculture Industries* – 1994
15. *Prospects for Energy Conservation Technologies in Canada – The Steel Industry Position* – 1994
16. *Low $NO_x$ Technology Assessment and Cost/Benefit Analysis* – 1994
17. *Application of Artificial Intelligence Technology to Increase Productivity, Quality and Energy Efficiency in Heavy Industry* – 1995
18. *Energy Efficiency Process for the Pulp and Paper Industry: Analysis of Selected Technologies* – 1995
19. *Gas Utilization and Operations RD&D Needs, Activities and Technology Enablers: Baseline Data for CGA's Natural Gas Technology Development Plan* – 1995
20. *Mid-Kiln Injection of Tire-Derived Fuel at Lafarge Canada Inc. Cement Plant at St-Constant, Quebec* – 1995
21. *Natural Gas Applications for Industry – Final Report – Beverage Industry* – 1996
22. *Natural Gas Applications for Industry – Final Report – Cement Industry* – 1996
23. *Natural Gas Applications for Industry – Final Report – Chemical Fertilizers* – 1996
24. *Natural Gas Applications for Industry – Final Report – Dairy Industry* – 1996
25. *Natural Gas Applications for Industry – Final Report – Feed and Alfalfa Industry* – 1996
26. Natural Gas Applications for Industry – Final Report – Food Processing Industry – 1996
27. *Natural Gas Applications for Industry – Final Report – Hydrogen* – 1996
28. *Natural Gas Applications for Industry – Final Report – Industrial Chemicals* – 1996
29. *Natural Gas Applications for Industry – Final Report – Iron and Steel Foundries* – 1996

30. *Natural Gas Applications for Industry – Final Report – Meat and Poultry Industry* – 1996
31. *Natural Gas Applications for Industry – Final Report – Oil Refining Industry* – 1996
32. *Natural Gas Applications for Industry – Final Report – Overview* – 1996
33. *Natural Gas Applications for Industry – Final Report – Plastics Products* – 1996
34. *Natural Gas Applications for Industry – Final Report – Plastic Resins Industry* – 1996
35. *Natural Gas Applications for Industry – Final Report – Pulp and Paper* – 1996
36. *Natural Gas Applications for Industry – Final Report – Sawmills* – 1996
37. *Natural Gas Applications for Industry – Final Report – Steel Industry* – 1996
38. *Natural Gas Applications for Industry – Final Report – Vegetable Oils* – 1996
39. *Natural Gas Applications for Industry – Wood Board Industry* – 1996
40. *Helical Grooved Pulpstones Research and Development Project, Final Report* – 1996
41. *Modeling of Black Liquor Recovery Boilers, Summary Report* – December 1996
42. *Market/Technical Evaluation of Natural Gas Technologies for Industrial Drying Applications in Food and Beverage Sectors* – 1996
43. *Implementation of an Effective Mill-Wide Energy Monitoring System* – 1996
44. *Advances in the Application of Intelligent Systems in Heavy Industry* – 1997
45. *Intelligent Energy Management for Small Boiler Plants – Metering, Monitoring and Automatic Control* – 1998

## Fiches d'information

Veuillez encercler les titres que vous désirez obtenir.

FS-1F *Programme fédéral des chaudières industrielles*

FS-2F *Régulation de la fabrication de la pâte mécanique*

FS-3F *Le séchoir à bois à haut rendement énergétique*

FS-4F *Peinture pour automobiles à base d'eau*

FS-5F *Le recyclage de la chaleur provenant de la ventilation*

FS-6F *Récupération des rebuts phosphatés*

FS-7F *Recyclage de l'huile à moteur pour locomotive*

FS-8F *Métallurgie des poudres*

FS-9F *Séchage par impulsion électrique*

FS-10F *Moteurs C.A. à haut rendement énergétique*

FS-11F *Procédé de fabrication automatisé de fusibles limiteurs de courant à basse tension*

FS-12F *Compensateur adaptif de puissance réactive*

FS-13F *Réfrigération à haut rendement énergétique*

FS-14F *Meules de défibreurs à rainures hélicoïdales*

FS-15F *Application de l'intelligence artificielle dans l'industrie lourde*

FS-16F *Un pas vers le blanchiment sans chlore*

FS-17F *Recyclage de l'aluminium à haut rendement énergétique*

FS-18F *Lubrifiants pour moteurs à faible rejet de chaleur*

FS-19F *Techniques de gestion de la chaleur – solutions éconergétiques*

FS-20F *Les technologies gazières industrielles*

FS-21F *Programme de recherche et de développement énergétiques dans l'industrie (RDEI)*

*Engager les Canadiens sur la voie de l'efficacité énergétique à la maison, au travail et sur la route*

L'Office de l'efficacité énergétique de Ressources naturelles Canada
renforce et élargit l'engagement du Canada envers l'efficacité énergétique
afin d'aider à relever les défis posés par les changements climatiques.

Canada